



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΧΩΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΛΥΨΕΩΝ-ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΜΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΟΥΦΟΡΙΚΩΝ
ΕΙΚΟΝΩΝ MODIS ΚΑΙ CORINE»**

**ΡΑΠΤΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΠΕΡΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΒΟΛΟΣ
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019**

Βεβαιώνω ότι η παρούσα εργασία είναι δική μου, δεν έχει συγγραφεί από άλλο πρόσωπο με ή χωρίς αμοιβή, δεν έχει αντιγραφεί από δημοσιευμένη ή αδημοσίευτη εργασία άλλου και δεν έχει προηγουμένως υποβληθεί για βαθμολόγηση στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας ή αλλού. Βεβαιώνω ότι είμαι εν γνώσει των κανόνων περί λογοκλοπής του ΤΜΧΠΠΑ και ότι στο πλαίσιο αυτού έχουν τηρηθεί όλοι οι κανόνες κατά την ακαδημαϊκή δεοντολογία, σχετικά με αναφορές, βιβλιογραφία, κ.λ.π., τόσο από έντυπες όσο και από ηλεκτρονικές πηγές. Σε περίπτωση λογοκλοπής αποδέχομαι όλες ανεξαιρέτως τις ποινές που προβλέπουν οι εκάστοτε Κανονισμοί του ΠΘ ή και του ΤΜΧΠΠΑ.

Ημερομηνία: 08/02/2019

Ονοματεπώνυμο: Ράπτης Παναγιώτης

Υπογραφή:

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή της μεταπτυχιακής μου διατριβής του ΤΜΧΠΠΑ κύριο Κωνσταντίνο Περάκη για την καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον ερευνητή του ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ και μέλος της επιτροπής, Δρ. κύριο Γιώργο Πετρόπουλο για την βοήθεια του και τις χρήσιμες συμβουλές του. Ακόμη ευχαριστώ, το μέλος της επιτροπής, καθηγητή κύριο Δημήτριο Σταθάκη για την προσεκτική μελέτη και ανάγνωση της εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Ιωάννη Φαρασλή για τις υποδείξεις που μου παρείχε κατά την διάρκεια της Διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω τις μεγάλες ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την κατανόηση και συμπαράστασή της, που χωρίς αυτή δε θα ήταν εφικτή η εκπόνηση της παρούσης Διπλωματικής εργασίας.

Περίληψη

Η πίεση που ασκείται στους φυσικούς πόρους από τον άνθρωπο τις τελευταίες δεκαετίες σε συνδυασμό και με την κλιματική αλλαγή, επιβάλλει την ανάγκη της διαχρονικής παρακολούθησης αυτών για συγκέντρωση και ανάλυση κατάλληλων πληροφοριών για την προστασία τους αλλά και την εκτίμηση του δυνητικού δυναμικού τους να καλύψουν τις ανάγκες και απαιτήσεις του ανθρώπου. Η διαχρονική παρακολούθηση τέτοιων αλλαγών βασίζεται πλέον στην επεξεργασία δορυφορικών εικόνων με την τεχνολογία της Τηλεπισκόπησης αλλά και των Γεωγραφικών Πληροφοριακών συστημάτων (ΓΠΣ).

Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι αλλαγές χρήσεων/κάλυψης γης για όλη την Περιφέρεια Θεσσαλίας με χρήση δορυφορικών δεδομένων Τηλεπισκόπησης για την περίοδο από το 2001 έως το 2012 & 2001 έως 2013. Στην μελέτη η οποία έγινε, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που καταγράφηκαν από το ραδιόμετρο MODIS, που βρίσκεται στο δορυφόρο Terra της NASA. Η επιλογή του MODIS κρίνεται κατάλληλη καθώς έχει εύρος σάρωσης 2.330 km και συνδυάζει ικανοποιητικά χωρική, χρονική, φασματική και ραδιομετρική διακριτική ικανότητα. Επίσης, τα δεδομένα αυτά είναι διαθέσιμα παγκόσμια δωρεάν και από αυτά μπορούν να εξαχθούν, με κατάλληλη επεξεργασία, πληροφορίες για την χρήση / κάλυψη γης. Για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το CORINE LAND USE LAND COVER (LULC) της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Από την επεξεργασία η οποία έγινε προέκυψαν θεματικοί χάρτες με τις αλλαγές κάλυψης γης της περιοχής της Θεσσαλίας, οι οποίοι συγκρίνονται μεταξύ τους και παράγουν νέους θεματικούς χάρτες που απεικονίζουν τις μεταβολές ή μη στους διάφορους τύπους κάλυψης γης, κατά το χρονικό διάστημα μελέτης. Στην περιοχή μελέτης πάνω από ένα εκατομμύριο στρέμματα φαίνεται να άλλαξαν χαρακτήρα χρήσεως γης την περίοδο μελέτης και οι αλλαγές που δημιουργήθηκαν είναι αποτέλεσμα από μια σειρά από κοινωνικά και οικονομικά φαινόμενα σε συνδυασμό και με τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Επίσης για να ελεγχθεί η διαχρονική αλλαγή των προϊόντων MODIS 2001 και 2012 χρησιμοποιήθηκαν οι θεματικοί χάρτες, σε παραπλήσιες χρονολογίες, CORINE 2000 και 2012.

Λέξεις-κλειδιά: Χρήση γης/κάλυψη γης (LU/LC), σημασία χαρτογράφησης χρήσης γης/κάλυψη γης, τηλεπισκόπηση, ΓΠΣ, MODIS, CORINE

Abstract

The pressure exerted on human resources in recent decades, in connection with the climate change, necessitates the need to monitor them over time, in order to gather and analyze the appropriate information to protect them, but also to assess their potential to meet the human needs and requirements. The time tracking of such changes is now based on the processing of satellite images using Remote Sensing technology and Geographic Information Systems (GIS).

In this paper we are studying the land use / land use changes for the whole Thessaly region using satellite remote sensing data for the period 2001 to 2012 and 2001 to 2013. In the study, the data was recorded using the MODIS radar on the Terra satellite of NASA. The choice of MODIS is judged to be appropriate as it has a scanning range of 2,330 km and satisfactorily combines spatial, temporal, spectral and radiometric resolution. Also, these data is available globally free of charge and they can be extracted by using appropriate treatment for land use / cover. For the evaluation of the results was used CORINE LAND USE LAND COVER (LULC) of the European Union.

From the treatment that resulted, thematic maps with the land cover changes of the Thessaly region were compared, producing new thematic maps depicting the changes or not on the different types of land cover during the study period. In the study area, over one million acres seem to have changed the land use during the study period, and the changes created are the result of a series of social and economic phenomena in combination with the natural characteristics of the area. Also, in order to control the change of the MODIS 2001 and 2012 products over the years, the thematic maps were used at close chronologies, CORINE 2000 and 2012.

Keywords: land use / land cover (LU / LC), land use mapping / land cover, remote sensing, GIS, MODIS, CORINE

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
1. Εισαγωγή.....	10
1.1 Γενικά.....	10
1.2 Στόχος της εργασίας.....	12
2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	13
2.1 Σημασία της χαρτογράφησης χρήσεων γης/κάλυψης γης.....	13
2.2 Χρήσεις - Κάλυψη γης: μέθοδοι υπολογισμού από δεδομένα τηλεπισκόπησης.....	15
2.2.1. Διαδικασία ταξινόμησης τηλεπισκόπησης.....	15
2.2.2. Ταξινόμηση πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων.....	18
2.2.2.1 Μη-επιβλεπόμενη ταξινόμηση (unsupervised classification).....	19
2.2.2.2 Επιβλεπόμενη ταξινόμηση (supervised classification).....	20
2.2.3 Σύγχρονες μέθοδοι ταξινόμησης.....	24
2.2.3.1 Προσέγγιση ταξινόμησης σε επίπεδο υπό του εικονοστοιχείου (sub- pixel classification methods).....	24
2.2.3.2 Προσεγγίσεις ταξινόμησης συνάφειας (Context classification approaches).....	25
2.2.3.3 Προσέγγιση που βασίζεται στη γνωσιακή ταξινόμηση (Knowledge – based classification approach).....	25
2.3 Μέθοδοι Μεταβολής Χρήσης /Κάλυψης Γης.....	26
2.3.1 Εξέταση πριν από την εφαρμογή της ανίχνευσης αλλαγών.....	26
2.3.2 Μέθοδοι ανίχνευσης αλλαγής χρήσης/κάλυψης γης (LU/LC).....	27
2.4 Επιχειρησιακά προϊόντα τηλεπισκόπησης.....	30
2.4.1. GLOBAL LAND COVER.....	31
2.4.2. MERIS GLOBECOVER.....	32
2.4.3. CORINE.....	34
2.4.4. MODIS.....	36
2.4.4.1 Αισθητήρας MODIS.....	36
2.4.4.2 Προϊόντα MODIS.....	37
3. Περιγραφή Μεθοδολογίας.....	40
4. Μελέτη Περίπτωσης.....	42

4.1 Περιγραφή περιοχής μελέτης.....	42
4.1.1 Οικονομία του Γεωγραφικού Διαμερίσματος (ΓΔ) της Θεσσαλίας.....	43
4.1.2 Αναπτυξιακός Χαρακτήρας.....	44
4.2 Εφαρμογή Μεθοδολογίας επεξεργασίας δεδομένων.....	45
4.2.1 Προεπεξεργασία δεδομένων.....	46
4.2.1.1 Γεωμετρική διόρθωση.....	46
4.2.1.2 Αποκοπή εικόνας.....	48
4.2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού αλλαγών χρήσεων γης- κάλυψης γης από MODIS.....	50
4.2.2.1 Προεπεξεργασία των Ταξινομημένων εικόνων.....	50
4.2.2.2 Διαχρονική ανάλυση χρήσεων/καλύψεων γης.....	52
5. Αποτελέσματα.....	54
5.1 Χαρτογράφηση Αλλαγών χρήσεων/ κάλυψης γης από MODIS 2001-2012.....	54
5.2 Υπολογισμός διαχρονικών αλλαγών χρήσεων γης CORINE 2000-2012.....	62
5.3 Σύγκριση MODIS, CORINE & ΕΛ.ΣΤΑΤ.....	68
6. Συμπεράσματα.....	69
7. Βιβλιογραφία.....	73
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	82

Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 2.1. Θεματικός χάρτης WordView-2 από ταξινόμηση πολυφασματικής εικόνας.....	19
Εικόνα 2.2. Για κάθε κατηγορία το παραλληλεπίπεδο καθορίζεται από μία ελάχιστη και μία μέγιστη τιμή για κάθε άξονα.....	22
Εικόνα 2.3. Μεγιστοποίηση του περιθωρίου (margin) ανάμεσα σε δύο τάξεις.....	23
Εικόνα 2.4. Εικόνα της χρήσης ενός πυρήνα φ στη μέθοδο SVM. Αριστερά είναι ο αρχικός χώρος των χαρακτηριστικών και στα δεξιά η προβολή μέσω της συνάρτησης πυρήνα φ.....	23
Εικόνα 2.5. Οι σημαντικότεροι τύποι κάλυψης γης GLC.....	32
Εικόνα 2.6. Οι 17 κατηγορίες κάλυψης γης του (MCD12Q1 5.1) από το παγκόσμιο σύστημα ταξινόμησης IGBP.....	38
Εικόνα 3.1. Διάγραμμα ροής διαχρονικής ανάλυσης των επιχειρησιακών προϊόντων MODIS (MCD12Q1) – CORINE.....	41

Εικόνα 4.1. Η θέση της Περιφέρειας Θεσσαλίας στην Ελλάδα.....	42
Εικόνα 4.2. Χάρτης της περιοχής μελέτης.....	42
Εικόνα 4.3. Ο ταξινομημένος δορυφορικός χάρτης MODIS για το έτος 2001 (Land_Cover_Type 1:MCD12Q1.A2001001.h19v05.051.2014287163508) όπως επιλέχθηκε από τον κατάλληλο ιστότοπο.....	45
Εικόνα 4.4. Η λίστα Available Bands.....	46
Εικόνα 4.5. Η επιλογή GCPs (Ground Control Points Selection).....	47
Εικόνα 4.6. Τα 38 σημεία GCPs για την παραμόρφωση της εικόνας.....	47
Εικόνα 4.7. Η επιλογή της μεθόδου Polynomial.....	48
Εικόνα 4.8. Η ευρύτερη περιοχή της Περιφέρειας Θεσσαλίας πριν την αποκοπή.....	49
Εικόνα 4.9. Η αποκομμένη περιοχή της Περιφέρειας Θεσσαλίας από την υπόλοιπη δορυφορική εικόνα.....	49
Εικόνα 4.10. Η επιλογή ENVI Classification στο Endit Header.....	50
Εικόνα 4.11. Το επιχειρησιακό προϊόν LULC MODIS της Περιφέρειας Θεσσαλίας το 2001.....	51
Εικόνα 4.12. Το επιχειρησιακό προϊόν LULC MODIS της Περιφέρειας Θεσσαλίας το 2012.....	51
Εικόνα 4.13. Το επιχειρησιακό προϊόν LULC MODIS της Περιφέρειας Θεσσαλίας το 2013.....	52
Εικόνα 4.14. Διαχρονική επεξεργασία θεματικών χαρτών διαφορετικών χρονολογιών.....	53
Εικόνα 4.15. Ο αποθηκευμένος χάρτης ανίχνευσης αλλαγών χρήσεων γης, το vector αρχείο και τα στατιστικά αποτελέσματά τους.....	53
Εικόνα 5.1. Οι κύριες κατηγορίες αλλαγής χρήσεων γης που έχουν σχηματιστεί από το 2001 στο 2012.....	57
Εικόνα 5.2. Οι νέες κατηγορίες χρήσεως γης του CORINE 2000 μετά από την επαναταξινόμηση με βάση τις κατηγορίες του MODIS.....	62

Εικόνα 5.3. Οι νέες κατηγορίες χρήσεως γης του CORINE 2012 μετά από την επαναταξινόμηση, με βάση τις κατηγορίες του MODIS	63
--	----

Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά των προϊόντων GLC2000	31
Πίνακας 2.2. Χαρακτηριστικά των προϊόντων GLOBCOVER	33
Πίνακας 2.3. Οι τάξεις κάλυψης γης από το GLOBCOVER	33
Πίνακας 2.4. Χαρακτηριστικά των προϊόντων CORINE	34
Πίνακας 2.5. Ταξινόμηση CORINE	35
Πίνακας 2.6. Προδιαγραφές και χαρακτηριστικά των MODIS	37
Πίνακας 2.7. Χαρακτηριστικά των προϊόντων MODIS	38
Πίνακας 2.8. Περιγραφή των 17 κατηγοριών κάλυψης γης IGBP	39
Πίνακας 5.1. Τα ποσοτικά αποτελέσματα αλλαγών χρήσεων γης μεταξύ των χρονολογιών 2001 και 2012	55
Πίνακας 5.2. Εκτάσεις κατηγοριών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε λιβάδια το 2012 & 2013 όπως αυτές προέκυψαν για την περιοχή της Θεσσαλίας από την ανάλυση του επιχειρησιακού προϊόντος LULC MODIS	57
Πίνακας 5.3. Εκτάσεις κατηγοριών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε ετήσιες καλλιέργειες το 2012 & 2013, όπως αυτές προέκυψαν για την περιοχή της Θεσσαλίας από την ανάλυση του επιχειρησιακού προϊόντος LULC MODIS	58
Πίνακας 5.4. Εκτάσεις κατηγοριών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε καλλιέργειες με φυσική βλάστηση το 2012 & 2013, όπως αυτές προέκυψαν για την περιοχή της Θεσσαλίας από την ανάλυση του επιχειρησιακού προϊόντος LULC MODIS	59
Πίνακας 5.5. Διαχρονική μεταβολή τριών κατηγοριών στις χρονολογίες 2001-2012-2013	60
Πίνακας 5.6. Το ποσοστό των κατηγοριών που οφείλεται αυτή η μείωση της αλλαγής χρήσεως γης στα λιβάδια	61
Πίνακας 5.7. Οι αλλαγές χρήσεων γης μεταξύ CORINE 2000 και CORINE 2012	64
Πίνακας 5.8. Οι κατηγορίες από το CORINE 2000 που μετατράπηκαν σε λιβάδια στο CORINE 2012	65

Πίνακας 5.9. Οι κατηγορίες από το CORINE 2000 που μετατράπηκαν σε ετήσιες καλλιέργειες στο CORINE 2012.....	62
Πίνακας 5.10. Οι κατηγορίες από το CORINE 2000 που μετατράπηκαν σε ετήσιες καλλιέργειες στο CORINE 2012.....	65
Πίνακας 5.11. Οι μεταβολές στις τρεις κατηγορίες για το CORINE 2000 και 2012..	66
Πίνακας 5.12. Εκτάσεις που δηλώθηκαν στην ΕΛΣΤΑΤ το 2000.....	68
Πίνακας 5.13. Σύγκριση μεταξύ MODIS, CORINE και ΕΛΣΤΑΤ 2000.....	65
Πίνακας 5.14. Συγκρίνοντας τις εκτάσεις από MODIS 2013, MODIS 2012, CORINE 2012.....	69

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Ο γεωργικός τομέας είναι ένας από τους πλέον σημαντικούς τομείς παραγωγής της οικονομικής ανάπτυξης μιας χώρας. Αποτελεί το «όχημα» για την ανάπτυξη των αγροτικών περιοχών και συμβάλει σημαντικά στην επιβίωση και ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Σήμερα αναγνωρίζεται ευρέως ο ρόλος του γεωργικού τομέα στην στήριξη της κοινωνικής και οικονομικής συνοχής των αγροτικών περιοχών αλλά και στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων (Giaoutzi and Stratigea, 2009).

Η γεωργία απασχολεί πολλούς ανθρώπους, βελτιώνει το επίπεδο του εθνικού εισοδήματος καθώς και το βιοτικό επίπεδο των ανθρώπων. Με βάση τα στοιχεία της Eurostat το 2015, ο γεωργικός τομέας στην χώρα μας, συμβάλλει στο Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ) κατά 2,9%, ενώ ταυτόχρονα καλύπτει το 14% της απασχόλησης. Σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 1,2% και 5% (Ταχταλίδου, 2018). Πέραν όμως αυτών, πρέπει να συνυπολογιστεί και η επιπλέον προστιθέμενη αξία που δημιουργεί η γεωργία, που μπορεί να φθάσει μέχρι 12,2 δισ. ευρώ κατ' έτος, υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Μερικές τέτοιες προϋποθέσεις είναι ο περαιτέρω τεχνολογικός εκσυγχρονισμός της γεωργικής παραγωγής, η αντιμετώπιση του προβλήματος του μικρού μεγέθους των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, η δημιουργία επώνυμων προϊόντων και η στενότερη συνεργασία με άλλους τομείς της οικονομίας, όπως ο Τουρισμός (Mylonas, 2015). Ο γρήγορος ρυθμός ανάπτυξης στον αγροτικό τομέα (γεωργία, κτηνοτροφία), προσφέρει προοπτικές καθώς και αυξημένα κίνητρα για ανάπτυξη. Επομένως, από την γεωργική ανάπτυξη εξασφαλίζεται υψηλότερο εισόδημα καθώς και καλύτερο βιοτικό επίπεδο στον γεωργικό πληθυσμό, αλλά και παρέχει στήριξη στη γενική οικονομική ανάπτυξη της χώρας (Ζιωγάνας, 2003).

Γενικά η «γη», αποτελεί φυσικό πόρο αλλά και τη «βάση προσφοράς πόρων» που είναι απαραίτητοι για την επιβίωση του ανθρώπου. Λόγω της ανομοιογένειας και της μεγάλης εμβέλειας των πόρων που προσφέρει η «γη», της προσδίδει τη δυνατότητα πολλών χρήσεων που απορρέουν από τα διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά και μπορεί αυτά να είναι είτε αγροτική εκμετάλλευση, βόσκηση και εξόρυξη, είτε

δέσμευση χώρων για εγκατάσταση βιομηχανίας και τουρισμού, ακόμη και δημιουργία κατοικιών (Mather, 1986).

Αν και οι όροι κάλυψη της γης και η χρήση γης χρησιμοποιούνται συχνά εναλλακτικά, οι πραγματικές τους έννοιες είναι αρκετά διακριτές. Η κάλυψη εδάφους αναφέρεται στα φυσικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης, που καταγράφονται στη κατανομή της βλάστησης, του νερού, του εδάφους και άλλων φυσικών χαρακτηριστικών της γης, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που δημιουργούνται αποκλειστικά από ανθρώπινες δραστηριότητες, π.χ., οικισμούς. Η χρήση γης αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο η γη έχει χρησιμοποιηθεί από τους ανθρώπους και τους οικοτόπους τους, συνήθως με έμφαση στον λειτουργικό ρόλο της γης για οικονομικές δραστηριότητες (Halini, 2017). Είναι σημαντικό να διαχωρίσουμε αυτή τη διαφορά μεταξύ της κάλυψης της γης και της χρήσης της γης και των πληροφοριών που μπορούν να εξακριβωθούν από κάθε μία από αυτές.

Σε έναν οργανισμό ή μια υπηρεσία πριν εφαρμοστούν διάφορα προγράμματα διαχείρισης και ανάπτυξης της περιοχής, είναι απαραίτητο να υπάρχουν γι' αυτή αξιόπιστα στοιχεία σχετικά με το είδος, την κατανομή και την έκταση των χρήσεων/κάλυψης γης. Η δημιουργία ενημερωμένων χαρτών της κάλυψης γης συμβάλει αποφασιστικά στο σχεδιασμό της χρήσης του περιβάλλοντος σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο και παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τον καθορισμό των γενικών προτύπων του κλίματος και της βλάστησης της περιοχής που αποτελούν το περιβαλλοντικό πλαίσιο για τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Elatawneh et al., 2014). Αυτοί οι χάρτες συντελούν στην παρακολούθηση των αλλαγών που οφείλονται σε φυσικές καταστροφές, όπως π.χ. πυρκαγιές, πλημμύρες, φαινόμενα διάβρωσης, καθώς και για στην παρακολούθηση της ερημοποίησης και της υποβάθμισης της γης σε περιοχές όπως η Μεσόγειος (Castillejo-Gonzalez et al., 2009). Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για οικιστική ανάπτυξη, για τον τουρισμό, καθώς και τον προσανατολισμό του αστικού και περιφερειακού σχεδιασμού για τη λήψη αξιόπιστων και λειτουργικών αποφάσεων (Elatawneh et al., 2014).

Με την βοήθεια της τηλεπισκόπησης η οποία είναι μια διαδικασία ανίχνευσης και παρακολούθησης των φυσικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής με τη μέτρηση της ανακλώμενης και εκπεμπόμενης ακτινοβολίας σε απόσταση από την στοχευόμενη περιοχή, συλλέγουμε εικόνες που ανιχνεύονται από τη Γη και οι οποίες βοηθούν τους

ερευνητές να "αντιληφθούν" τα πράγματα για τη Γη (Tempfli et al., 2009). Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης είναι η δυνατότητα παροχής, συχνά σε πραγματικό χρόνο και με χαμηλό κόστος, ψηφιακών, παγκόσμιων και ενημερωμένων δεδομένων ακριβείας, σε συνεχή και επαναλαμβανόμενη βάση, καθώς και καταγραφή παρελθόντων ετών από αρχεία δορυφορικών δεδομένων (Αργαλιάς, 1999). Η ραγδαία εξέλιξη τα τελευταία χρόνια στο χώρο της τηλεπισκόπησης, λόγω της εκτόξευσης νέων δορυφόρων στο διάστημα, εξοπλισμένους με αισθητήρες των οποίων η χωρική διακριτική ανάλυση είναι κάτω του ενός μέτρου, έδωσε τεράστια ώθηση στις γεωεπιστήμες, στη μελέτη και διαχείριση του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Επομένως τα δεδομένα και οι τεχνικές τηλεπισκόπησης αποτελούν αξιόπιστα εργαλεία για την παρακολούθηση και τη μελέτη της αλλαγής της κάλυψης της γης και της χρήσης γης (LULC).

1.2 Στόχος της εργασίας

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να χαρτογραφηθούν οι αλλαγές χρήσεις γης/κάλυψη γης (LU/LC) για την περιοχή της Θεσσαλίας την χρονική περίοδο 2001-2013 με χρήση των δορυφορικών εικόνων MODIS . Επίσης γίνεται έλεγχος σύγκρισης των προϊόντων αυτών με τις αντίστοιχες χρονολογίες των δορυφορικών εικόνων CORINE 2000 και 2012, για να διαπιστωθεί αν από το επιχειρησιακό προϊόν MODIS έχουμε ικανοποιητικά αποτελέσματα αλλαγής χρήσεων γης στην συγκεκριμένη περιοχή. Παράλληλα για την καλύτερη αξιολόγηση χρησιμοποιήθηκαν και στατιστικά στοιχεία από την ΕΛ.ΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία).

Στην περιοχή της Θεσσαλίας πάνω από ένα εκατομμύριο στρέμματα φυσικής βλάστησης άλλαξαν χαρακτήρα την 20ετία 1987-2007 και μετατράπηκαν σε γεωργική γη, μεταξύ αυτών και εκτάσεις γύρω από το πολεοδομικό συγκρότημα του Βόλου (Ζωγράφου κ.α., 2012). Παράλληλα, μειώθηκαν τα δάση, ενώ αυξήθηκαν οι καμένες εκτάσεις. Πιο συγκεκριμένα, το 2007, το 46,2% της περιφέρειας καλυπτόταν από γεωργική γη, ποσοστό σαφώς μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του 1987 (41%). Με 22% ακολουθούν οι εκτάσεις χαμηλής βλάστησης (25% το 1987) και με ποσοστά 10% και 8% αντίστοιχα τα δάση πλατύφυλλων και οι θαμνότοποι, καλύψεις που παρουσιάζουν σχετική σταθερότητα κατά την περίοδο μελέτης (Ζωγράφου κ.α., 2012).

Έτσι λόγω των πολλών αλλαγών χρήσεων γης στην περιοχή της Θεσσαλίας, που μπορεί να παρουσιάστηκαν από το (2001-2013), χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που καταγράφηκαν από το ραδιόμετρο MODIS, που βρίσκεται στο δορυφόρο Terra της NASA την ίδια περίοδο. Η επιλογή του MODIS κρίνεται κατάλληλη καθώς έχει εύρος σάρωσης 2.330 km και συνδυάζει ικανοποιητικά χωρική, χρονική, φασματική και ραδιομετρική διακριτική ικανότητα.

Επομένως πρωταρχικός στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι να αποδείξουμε ότι τα δορυφορικά δεδομένα MODIS μπορούν να συμβάλουν στον διαχρονικό εντοπισμό αλλαγών χρήσεων / κάλυψης γης. Από την διεθνή βιβλιογραφία η επιτυχής ταξινόμηση των δορυφορικών εικόνων MODIS, μπορεί να οδηγήσει σε θεματικούς χάρτες χρήσης γης/κάλυψης γης (LU/LC) σε περιφερειακό επίπεδο με αρκετή ακρίβεια, ιδιαίτερα αν συνδυαστεί και με δεδομένα από άλλους δορυφόρους (π.χ. Landsat) (Guan et al, 2017 ; Bagan et al, 2005). Από τους θεματικούς χάρτες που έχουν δημιουργηθεί θα αναγνωρίσουμε τις μεταβολές που προέκυψαν κατά το χρονικό διάστημα (2001-2012 & 2001-2013) στην περιοχή της Θεσσαλίας και θα γίνει ακριβής εκτίμηση αυτών των μεταβολών. Με την ακριβή εκτίμηση θα μπορέσουμε να πάρουμε αναλυτική ποσοτικοποιημένη περιγραφή των χρήσεων γης και των παρατηρούμενων αλλαγών για την Περιφέρεια της Θεσσαλίας. Αυτά θα αποτελέσουν πολύτιμες πληροφορίες για τη φύση των αλλαγών των χρήσεων γης, της χωρικής κατανομής και της έκτασης των διαφόρων κλάσεων.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Σημασία της χαρτογράφησης αλλαγών χρήσεων γης/κάλυψης γης

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα «Κάλυψη γης» είναι η φυσική ιδιότητα της επιφάνειας, ενώ η «χρήση γης» εξηγεί πώς χρησιμοποιείται το έδαφος. Η χρήση γης και η αλλαγή της γης είναι γενικά ανησυχητική, λόγω των ισχυρών επιπτώσεων της στην απώλεια βιοποικιλότητας, την υποβάθμιση του εδάφους και τη μειωμένη ικανότητα του τοπίου να διατηρεί φυσικούς πόρους και υπηρεσίες οικοσυστήματος (Muriuki et al. 2011). Δηλαδή η αλλαγή κάλυψης γης (LCC) προκαλεί σημαντικές περιβαλλοντικές αλλαγές σε τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο. Για παράδειγμα, η μετάβαση των δασών σε γεωργικές εκτάσεις ή η επέκταση σε αστικές

περιοχές επηρεάζει τη βιοποικιλότητα, την ποιότητα του εδάφους, το κλίμα και την ανθρώπινη υγεία (Lambin and Geist, 2010 ; Feddema, 2005 ; Defries and Houghton, 2004).

Η αλλαγή χρήσης γης / κάλυψης γης και η χαρτογράφησης της αναγνωρίζεται ευρέως ως σημαντική πτυχή της παγκόσμιας περιβαλλοντικής αλλαγής, η οποία διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην περιφερειακή κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη (Chen, 2002). Έτσι σε παγκόσμια κλίμακα είναι σημαντική για διεθνείς πρωτοβουλίες, όπως η σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος (UNFCCC) και το πρωτόκολλο του Κιότο (Mora et al., 2014).

Επομένως η γνώση της σημασίας της χαρτογράφησης των αλλαγών χρήσεων γης/κάλυψης γης είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη διερεύνηση ευρύτερων μεταβολών στο παγκόσμιο περιβάλλον (Fan et al., 2017), την κλιματική προσαρμογή (Kazak, 2018 ; Meiyappan et al., 2014), καθώς και για την προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (Gaitanis et al., 2015 ; Kazak et al., 2017). Είναι επίσης απαραίτητο να αναπτυχθεί μια καλύτερη κατανόηση των αιτίων της αλλαγής της χρήσης γης, ώστε να μπορούν να αναληφθούν αποτελεσματικά αντίμετρα. Έτσι ο εντοπισμός των διαχρονικών μεταβολών μιας περιοχής μπορεί να γίνει μέσω της μελέτης των αλλαγών χρήσεων γης.

Η χαρτογράφηση χρήσεων -καλύψεων γης συμβάλει σημαντικά στο σχεδιασμό και στη διαχείριση του χώρου ενώ αποτελεί βάση στα διάφορα πεδία επιστημονικής έρευνας. Ένα σχέδιο χρήσης γης αντικατοπτρίζει τον χαρακτήρα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στον άνθρωπο και το περιβάλλον και την επιρροή σε βασικές οικονομικές δραστηριότητες της κοινωνίας. Ουσιαστικά η χαρτογράφηση των χρήσεων/καλύψεων γης αποτελεί το υπόβαθρο υλοποίησης στρατηγικών ανάπτυξης μιας περιοχής.

Οι αλλαγές των χρήσεων/καλύψεων γης επηρεάζονται από μια σειρά από κοινωνικά και οικονομικά φαινόμενα αλλά και από τα φυσικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Οι αλλαγές αυτές δημιουργούνται ουσιαστικά μέσω τεσσάρων διαδρομών:

- 1) **Από αγροτική σε αστική γη:** με την αύξηση του πληθυσμού κάθε περιοχή προσπαθεί να αναπτυχθεί και να εξαπλωθεί. Αυτό αποτελεί απειλή για τη γεωργική γη, και γενικά αρνητικό αντίκτυπο στην περιβαλλοντική υγεία της περιοχής, αλλά στοχεύει και στη βελτίωση της λειτουργίας των πόλεων και της ποιότητας ζωής των κατοίκων τους (Gupta., 2014).

- 2) **Από δασική σε αστική γη:** τα δασικά οικοσυστήματα αποτελούν ουσιαστικές πηγές κάλυψης γης για μια νέα αστικοποίηση. Έτσι η νέα αυτή τάξη πραγμάτων που πραγματοποιείται με γοργούς ρυθμούς, φέρνει σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό των δασικών εκτάσεων καθώς οι υποδομές των πόλεων όπως οι δρόμοι κ.α. εξαντλούν το δασικό πλούτο. (Auch et al., 2016)
- 3) **Από δασική σε αγροτική γη:** μέσω της εκχέρσωσης και της επέκτασης των αγροτικών καλλιεργειών.
- 4) **Από αγροτική σε δασική γη:** συμβαίνει κατά βάση στον ορεινό όγκο επειδή παρουσιάζεται εγκατάλειψη των καλλιεργειών (Μινέτος, 2009).

Οι τεχνικές ανάλυσης των δορυφορικών συστημάτων παρακολούθησης της Γης, αποτελούν ένα ελκυστικό εργαλείο για χρήση στον τομέα της έρευνας και της διαχείρισης των φυσικών πόρων. Για τις μελέτες σχετικά με τη γεωργία και τους φυσικούς πόρους ένας χάρτης χρήσεων γης αποτελεί πολύ σημαντικό εργαλείο. Επίσης, είναι απαραίτητη η επικαιροποίηση αυτών των χαρτών, λόγω της δυναμικής των φυσικών πόρων αλλά και των δράσεων του ανθρώπου.

Έτσι, η ανάλυση της αλλαγής των χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας είναι απαραίτητη για την καλύτερη κατανόηση των αλληλεπιδράσεων και των σχέσεων μεταξύ ανθρώπινων δραστηριοτήτων και φυσικών φαινομένων (Butt et al., 2015). Αυτή η κατανόηση είναι απαραίτητη για τη βελτίωση της διαχείρισης των πόρων και τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων (Lu et al., 2004 ; Seif and Mokarram, 2012).

2.2. Χρήσεις γης – Κάλυψη γης: μέθοδοι υπολογισμού από δεδομένα τηλεπισκόπησης

2.2.1. Διαδικασία ταξινόμησης τηλεπισκόπησης

Η ταξινόμηση τηλεπισκόπησης είναι μια πολύπλοκη διαδικασία και απαιτεί την εξέταση πολλών παραγόντων. Τα κύρια βήματα της ταξινόμησης της εικόνας μπορούν να περιλαμβάνουν (Lu and Weng, 2007):

- τον καθορισμό ενός κατάλληλου συστήματος ταξινόμησης,
- την επιλογή δειγμάτων κατάρτισης,
- την προεπεξεργασία εικόνας,

- την εξαγωγή χαρακτηριστικών,
- την επιλογή κατάλληλων προσεγγίσεων ταξινόμησης,
- την επεξεργασία μετά την ταξινόμηση και
- την αξιολόγηση της ακρίβειας

Σημαντικοί παράγοντες που παίζουν ρόλο για την κατάλληλη επιλογή των δορυφορικών δεδομένων, τον σχεδιασμό και την ποιότητα της ταξινόμησης, αποτελούν οι ανάγκες του χρήστη, η κλίμακα της περιοχής μελέτης, η οικονομική κατάσταση και οι δεξιότητες του αναλυτή (Lu and Weng, 2007).

Για μια επιτυχημένη ταξινόμηση για έναν συγκεκριμένο σκοπό το πρώτο σημαντικό βήμα είναι η επιλογή των κατάλληλων δεδομένων τηλεπισκόπησης. Παράγοντες όπως η κλίμακα, η ανάλυση εικόνας και η ανάγκη του χρήστη είναι οι σημαντικότεροι που επηρεάζουν την επιλογή των δεδομένων που ανιχνεύονται από απόσταση.

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την επιλογή των δεδομένων των αισθητήρων είναι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες κατά την στιγμή της λήψης. Η συχνή νεφοκάλυψη σε τροπικές περιοχές με υγρό κλίμα αποτελούν συχνά εμπόδιο για τη λήψη δεδομένων οπτικού αισθητήρα από παθητικά συστήματα καταγραφής (Landsat, Spot, Sentinel 2., κ.α). σε αντίθεση με τα ενεργητικά συστήματα καταγραφής (ραντάρ) (Sentinel 1., κ.α.) Τα ενεργητικά συστήματα καταγραφής έχουν την δυνατότητα λήψης σχεδόν σε οποιαδήποτε συνθήκες (νύχτα και μέρα), ενώ το μεγάλο μειονέκτημα τους είναι οι ιδιαίτερες γνώσεις που απαιτούνται για την επεξεργασία των εικόνων. Στα παθητικά συστήματα καταγραφής το μεγάλο μειονεκτήματα τους είναι ότι δεν μπορούν να περάσουν τα νέφη οπότε δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές με νεφοκάλυψη. Αντίθετα σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί η διαθεσιμότητα μεγάλο αριθμού ελεύθερων και μη δορυφορικών δεδομένων σε παγκόσμια κλίμακα και σε διάφορες αναλύσεις, από πολύ υψηλή, μέτρια έως πολύ χαμηλή (Ali, 2010).

Για να είναι επιτυχής μια ταξινόμηση θα πρέπει να υπάρχει ένα κατάλληλο σύστημα ταξινόμησης και τα περισσότερα συστήματα απαιτούν έναν επαρκή αριθμό δειγμάτων κατάρτισης (Cingolani et al., 2004). Γενικά, ένα σύστημα ταξινόμησης είναι κατάλληλο όταν σχεδιάζεται με βάση την ανάγκη του χρήστη, την χωρική ανάλυση επιλεγμένων δεδομένων από απόσταση, την συμβατότητα με προηγούμενες

εργασίες, τους διαθέσιμους αλγόριθμους επεξεργασίας εικόνας και ταξινόμησης και τους χρονικούς περιορισμούς (Landgrede, 2003).

Η προεπεξεργασία εικόνας μπορεί να περιλαμβάνει ανίχνευση και αποκατάσταση λανθασμένων γραμμών, γεωμετρική διόρθωση εικόνων, ραδιομετρική και ατμοσφαιρική βαθμονόμηση και τοπογραφική διόρθωση. Κατά την διαδικασία της ταξινόμησης διαφορετικών εικόνων (διαφορετικών ημερομηνιών) και σύγκρισης των αποτελεσμάτων τους απαιτείται η ακριβής γεωμετρική και ατμοσφαιρική διόρθωση των πρωτογενών δεδομένων. Σε περιπτώσεις όπου υλοποιείται ταξινόμηση εικόνας για μία μόνο ημερομηνία ενδεχόμενος δεν είναι αναγκαία η εφαρμογή της διαδικασίας της ατμοσφαιρικής διόρθωσης (Song et al., 2001).

Επίσης για την επιτυχή εφαρμογή μιας ταξινόμησης εικόνων κρίσιμο βήμα είναι η επιλογή κατάλληλων τεχνικών ταξινόμησης (maximum likelihood, Radom Tree Forest κ.α). Πολλές είναι οι τιμές των μεταβλητών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ταξινόμηση εικόνων, συμπεριλαμβανομένων των φασματικών υπογραφών, των δεικτών βλάστησης, των μετασχηματισμένων εικόνων, των πληροφοριών σχετικά με την υφή ή το πλαίσιο των εικόνων με πολλές προβολές, των εικόνων πολλαπλών αισθητήρων και των παρεπόμενων δεδομένων. Λόγω των διαφορετικών δυνατοτήτων διαχωρισιμότητας του εδάφους, η χρήση πάρα πολλών τέτοιων τιμών των μεταβλητών σε μια διαδικασία ταξινόμησης μπορεί να μειώσει την ακρίβεια ταξινόμησης.

Για να επιλεγεί η κατάλληλη μέθοδος ταξινόμησης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη πολλοί παράγοντες, όπως είναι η χωρική ανάλυση των δεδομένων από απόσταση, οι διαφορετικές πηγές δεδομένων, το σύστημα ταξινόμησης και η διαθεσιμότητα λογισμικού ταξινόμησης. Κάθε μέθοδος ταξινόμησης έχει τα δικά της πλεονεκτήματα, ενώ μπορεί να ληφθούν διαφορετικά αποτελέσματα ταξινόμησης για την ίδια μέθοδο και αυτό συμβαίνει ή λόγω της διαφορετικής παραμετροποίησης ή λόγω των ιδιοτήτων της περιοχής σε συνδυασμό με τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση.

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ταξινόμησης αποτελεί σημαντική διαδικασία κατά την ταξινόμηση. Οι Cihlar et al., (1998) για την αξιολόγηση της απόδοσης μιας μεθόδου ταξινόμησης, πρότειναν έξι κριτήρια: ακρίβεια (accuracy), αναπαραγωγικότητα (reproduction), ευρωστία (robustness), ικανότητα πλήρους χρήσης του περιεχομένου των δεδομένων (ability to fully use the content of the data),

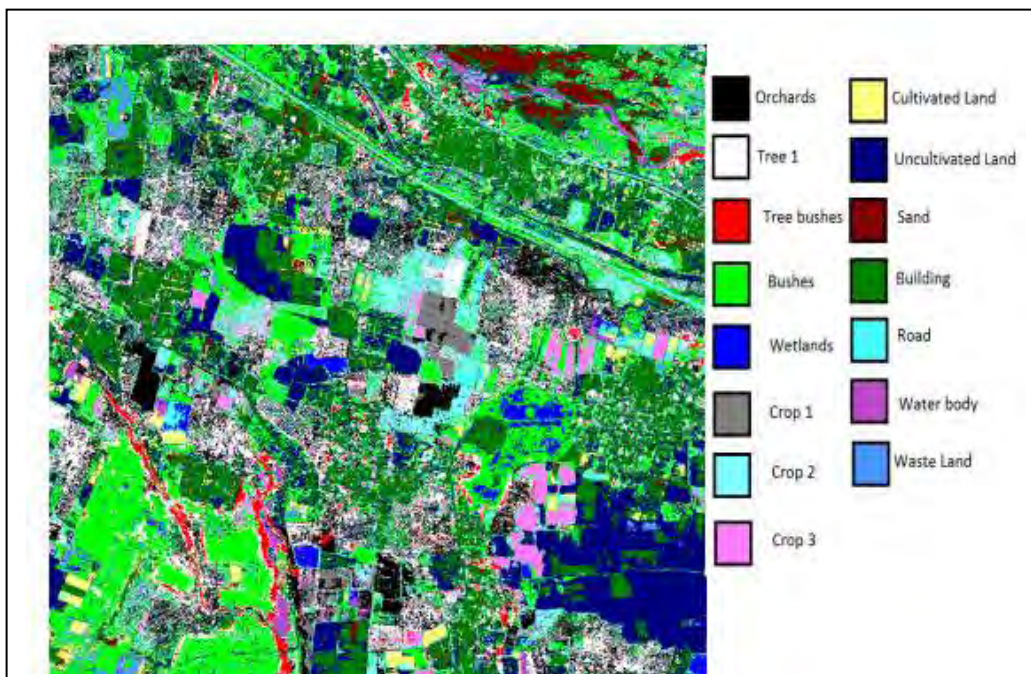
ομοιόμορφη εφαρμογή (uniform application) και αντικειμενικότητα (objectivity). Λόγω όμως των διαφορετικών περιβαλλοντικών ρυθμίσεων και των συνολικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται κανένας αλγόριθμος ταξινόμησης δεν μπορεί να ικανοποιήσει όλες αυτές τις απαιτήσεις ούτε να εφαρμοστεί σε όλες τις μελέτες.

Επιπλέον κύριο βήμα ταξινόμησης της εικόνας είναι η αξιολόγηση ταξινόμησης ακριβείας η οποία πριν την εφαρμογή της πρέπει να γνωρίζουμε τις πηγές σφαλμάτων (Congalton and Green, 1993). Έτσι την ακρίβεια ταξινόμησης την επηρεάζουν εκτός από τα σφάλματα από την ίδια την ταξινόμηση, τα σφάλματα θέσης που προκύπτουν από την καταχώριση, τα σφάλματα ερμηνείας και κακής ποιότητας εκπαίδευσης ή δοκιμαστικών δειγμάτων. Επίσης, προκειμένου να παρέχεται αξιόπιστη αναφορά στην ακρίβεια ταξινόμησης, θα πρέπει επίσης να εξεταστούν τα σφάλματα κατάταξης των εικόνων, ιδίως όταν δεν προκύπτουν δεδομένα αναφοράς από επιτόπια έρευνα (Lu and Weng, 2007).

2.2.2 Ταξινόμηση πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων

Η ταξινόμηση των πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων είναι μία από τις βασικές τεχνικές για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με τη χρήση γης/κάλυψη γης (LULC) που συλλέγονται από την ποσοτική ανάλυση των δεδομένων των εικόνων τηλεπισκόπησης (Zanotta et al., 2018). Οι πολυφασματικές εικόνες συνήθως περιλαμβάνουν ένα εικονοστοιχείο (στοιχείο εικόνας) που έχει τα χαρακτηριστικά του καταγεγραμμένα σε έναν αριθμό φασματικών καναλιών. Η χρήση/κάλυψη γης (LULC) χαρτογραφείται γενικά από δεδομένα που ανιχνεύονται εξ αποστάσεως μέσω της εφαρμογής εποπτικής ταξινόμησης εικόνων (Agrawal et al., 2007). Η κάλυψη γης μπορεί να εκφράζει λιθολογικές ενότητες, τύπους φυτοκάλυψης, χρήσεις γης και άλλες οντότητες γεωλογικού, εδαφολογικού, χωροταξικού ή φυσικογεωγραφικού χαρακτήρα.

Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει πολλαπλές εικόνες της ίδιας περιοχής, είτε διαχρονικές είτε σε διαφορετικές φασματικές περιοχές, και παράγει μια ψηφιακή θεματική εικόνα. Η νέα εικόνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία θεματικού χάρτη (thematic map) ή να εισαχθεί σε ένα Γ.Σ.Π. (GIS) (Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών) (Εικόνα-2.1)



Εικόνα 2.1. Θεματικός χάρτης WordView-2 από ταξινόμηση πολυφασματικής εικόνας (πηγή: Ramaswamy et. al., 2014)

Οι μέθοδοι πολυφασματικής ταξινόμησης, μπορούν να χωριστούν σε δυο κατηγορίες:

- στην μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (unsupervised classification)
- και στη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (supervised classification).

2.2.2.1 Μη-επιβλεπόμενη ταξινόμηση (unsupervised classification)

Η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση είναι μια αυτοματοποιημένη διαδικασία κατά την οποία τα στοιχεία εκπαίδευσης ορίζονται αυθαίρετα από το λογισμικό με το οποίο γίνεται η ταξινόμηση της εικόνας, χωρίς ο αναλυτής να γνωρίζει εκ των προτέρων τίποτα για την ύπαρξη ή το είδος της πληροφορίας (νερό, βλάστηση, αστικό τοπίο κ.α.) που περιέχεται σε κάθε φασματική τάξη (Levin, 1999).

Έτσι με την μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση η ομαδοποίηση των εικονοστοιχείων σε ομάδες (clusters) γίνεται βάση στατιστικών κανόνων (όπως είναι η μέση ψηφιακή τιμή, η τυπική απόκλιση, ο πίνακας συμμεταβλητότητας). Συνεπώς οι ομάδες που σχηματίζονται αποτελούν και τις τάξεις της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Για να αποδοθούν τα εικονοστοιχεία μιας εικόνας σε μια τάξη, θα πρέπει και σύμφωνα με τον κανόνα της ελάχιστης απόστασης, οι ψηφιακές τους τιμές να βρίσκονται κοντά στο κέντρο της συγκεκριμένης τάξης. Η μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση οδηγεί συχνά

σε πάρα πολλές τάξεις κάλυψης γης, ιδιαίτερα για τους ετερογενείς τύπους κάλυψης γης, και οι τάξεις πρέπει συχνά να συνδυαστούν για να δημιουργήσουν ένα σημαντικό χάρτη. Έτσι για να έχει πρακτική αξία η δημιουργία μιας τάξης εικονοστοιχείων θα πρέπει να γίνει αντιστοίχιση της τάξης αυτής σε κάποιο συγκεκριμένο είδος επιφάνειας του εδάφους που απεικονίζει η εικόνα, όπως θάλασσα, διάφορα είδη εδάφους, είδη βλάστησης κ.α.

Οι ομάδες των εικονοστοιχείων καθορίζονται με βάση στατιστικούς κανόνες εφαρμόζοντας αλγόριθμους ταξινόμησης. Οι πιο γνωστοί αλγόριθμοι που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι ο k-means (Migrating Means Algorithm) (MacQueen, 1967) και ο ISODATA (Ball, et al., 1965) αλγόριθμος, η Ιεραρχική ομαδοποίηση (Hierarchical Clustering) και Ομαδοποίηση με ιστογράμματα (Clustering with Histograms (Μερτίκας, 1999).

Επομένως η μέθοδος της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης συνήθως χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν πολλές γνώσεις για την περιοχή που εξετάζουμε και η διαδικασία της ταξινόμησης που προκύπτει είναι χρήσιμη μόνο όταν οι τάξεις που δημιουργούνται με αυτόν τον τρόπο μπορούν να ερμηνευτούν. Επίσης αποτελεί και ένα τα πρώτα βήματα της επιβλεπόμενης ταξινόμησης στο πλαίσιο της αρχικής διερεύνησης των δεδομένων (πριν εφαρμοστεί το supervised classification) (Lu and Weng 2007).

Οι πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ της χωρικής δομής του ανάγλυφου, της χωρικής διαχωριστικής ικανότητας της εικόνας, της μεθοδολογίας και του αλγόριθμου ταξινόμησης είναι τα κύρια σφάλματα που μπορούν να υπεισέρθουν στην μη – επιβλεπόμενη ταξινόμηση. Από περιοχή σε περιοχή και από εποχή σε εποχή για την ίδια περιοχή οι αιτίες σφαλμάτων της ταξινόμησης γενικά μπορεί να είναι διαφορετικές (Μερτίκας 1999).

2.2.2.2 Επιβλεπόμενη ταξινόμηση (supervised classification)

Σκοπός της επιβλεπόμενης ταξινόμησης, είναι ότι με την εφαρμογή κατάλληλων αλγόριθμων που χρησιμοποιούν δεδομένα εκπαίδευσης που επιλέγονται από τον χρήστη, να κατατάζει τα εικονοστοιχεία μιας εικόνας σε συγκεκριμένες θεματικές κατηγορίες (Egorov et al., 2015). Ο αναλυτής πρέπει να αναγνωρίσει τους τύπους εδαφοκάλυψης είτε από την εξοικειωσή του με την γεωγραφική περιοχή, είτε με τη

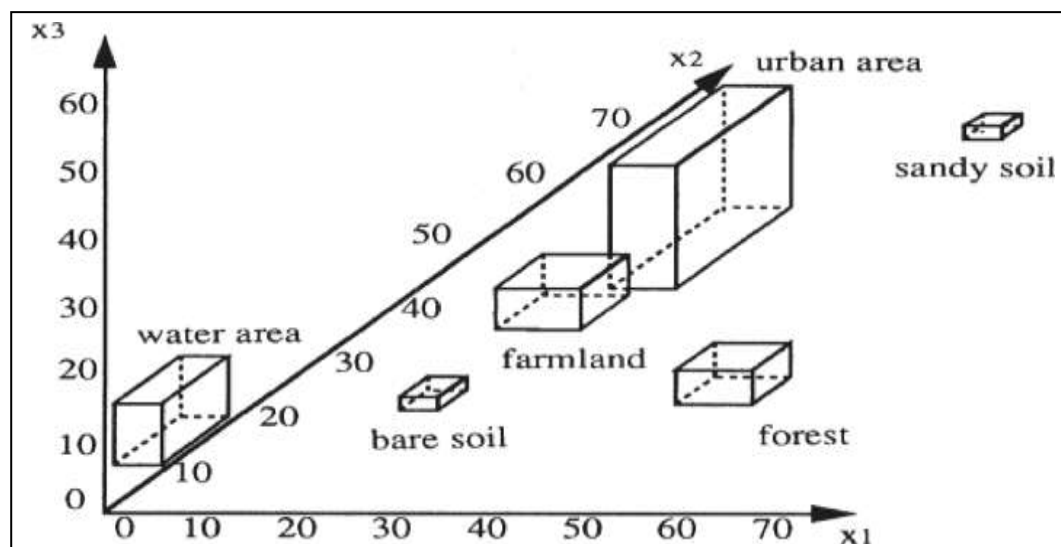
γνώση των πραγματικών τύπων κάλυψης επιφανείας που υπάρχουν στην εικόνα (Egorov et al., 2015). Έτσι, ο αναλυτής μπορεί να κατηγοριοποιήσει τα υλικά εδαφοκάλυψης της εικόνας. Σχηματίζοντας, εντοπίζει τις περιοχές εκπαίδευσης, δηλαδή τα μεμονωμένα εικονοστοιχεία (ταξινόμηση με βάση τα εικονοστοιχεία) που εκπροσωπούν κάθε γνωστή κατηγορία κάλυψης γης, (Λασπιάς, 2012). Εφόσον ολοκληρωθεί το στάδιο της εκπαίδευσης το κάθε εικονοστοιχείο ταξινομείται με βάση τα χαρακτηριστικά στην καταλληλότερη κατηγορία. Ο τρόπος με τον οποίο παράγονται τα χαρακτηριστικά και τα όρια της κάθε κατηγορίας (νερό, αστικό, δάσος, κ.α.) εξαρτάται από την τεχνική ταξινόμησης.

Στην επιβλεπόμενη ταξινόμηση οι αλγόριθμοι ταξινόμησης ανά εικονοστοιχείο μπορούν να είναι παραμετρικοί ή μη παραμετρικοί. Η παραμετρική επιβλεπόμενη ταξινόμηση δημιουργεί κανόνες ταξινόμησης που στηρίζονται στη στατιστική κατανομή πιθανότητας κάθε τάξης (Yugal and Sahoo, 2012). Συνήθως, γίνεται μία υπόθεση για την μορφή της συνάρτησης πιθανότητας (probability density function) της κάθε τάξης. Στην πράξη η παραμετρική ταξινόμηση προτύπων περιλαμβάνει τη μέθοδο της Μέγιστης Πιθανοφάνειας, λόγω της εύκολης διαθεσιμότητας της σε σχεδόν οποιαδήποτε λογισμικό επεξεργασίας εικόνας (Lu and Weng, 2007). Επίσης οι απλούστερες μέθοδοι παραμετρικής ταξινόμησης είναι αυτές του παραλληλεπίπεδου και της ελάχιστης απόστασης.

Η μη παραμετρική ταξινόμηση δεν κάνει καμιά υπόθεση για τη στατιστική κατανομή των τάξεων. Συνεπώς, οι μη παραμετρικοί ταξινομητές είναι ιδιαίτερα κατάλληλοι για την ενσωμάτωση μη φασματικών δεδομένων σε διαδικασία ταξινόμησης (Lu and Weng, 2007). Στην μη παραμετρική ταξινόμηση ανήκουν οι μέθοδοι Artificial Neural Networks (ANN), Support Vector Machines (SVM), Random Forests (RF) (Ceamanos and Valero, 2016). Πολλές προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι οι μη παραμετρικοί ταξινομητές μπορούν να παρέχουν καλύτερα αποτελέσματα ταξινόμησης από τους παραμετρικούς ταξινομητές σε πολύπλοκα τοπία (Paola and Schowengerdt, 1997 ; Foody, 2002b).

Για παράδειγμα, στους παραμετρικούς ταξινομητές ανήκει ο παραλληλεπίπεδος ταξινομητής (parallelepiped classifier) που είναι ένας απλός αλγόριθμος βασιζόμενος σε λογικό κανόνα. Το κατώτατο όριο κάθε υπογραφής κλάσης χρησιμοποιείται για να

αποφασιστεί αν ένα δεδομένο εικονοστοιχείο εμπίπτει στην κατηγορία ή όχι. (Εικόνα-2.2).



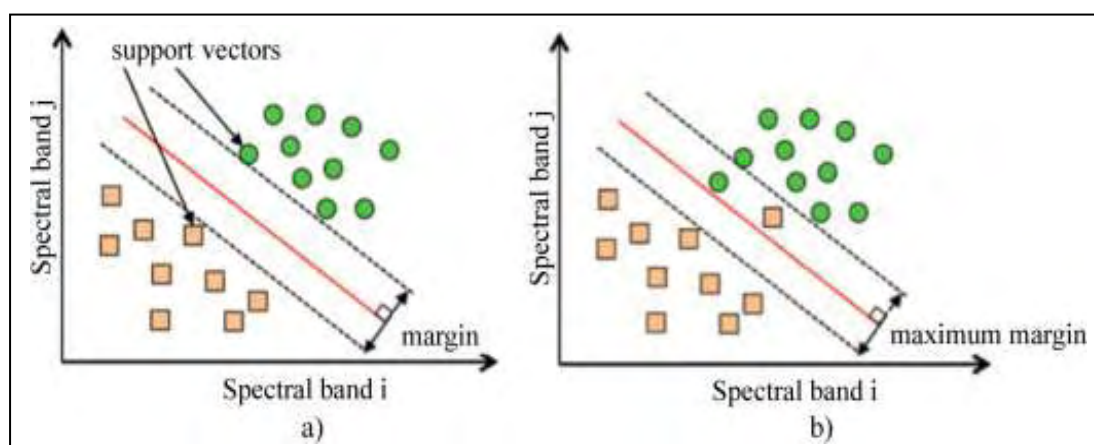
Εικόνα 2.2. Για κάθε κατηγορία το παραλληλεπίπεδο καθορίζεται από μία ελάχιστη και μία μέγιστη τιμή για κάθε άξονα (πηγή: Dixit, 2016)

Ένα εικονοστοιχείο ταξινομείται ως μέλος μιας κλάσης αν και μόνο εάν όλες οι πληροφορίες της ζώνης ή η υπογραφή του εμπίπτουν εντός των αντίστοιχων περιοχών των ζωνών που ορίζονται από αυτήν την κλάση. Δεδομένου ότι ενδέχεται να υπάρχουν αλληλεπικαλυπτόμενες περιοχές μεταξύ των κλάσεων, ένα εικονοστοιχείο κατηγοριοποιείται στην πρώτη κατηγορία ότι η υπογραφή του εμπίπτει εντός αυτού του εύρους. Τα μη ταξινομημένα εικονοστοιχεία κανονικά ορίζονται σε μια καθορισμένη κλάση (π.χ. κατηγορία 0) (Xiang et al., 2005).

Ένα παράδειγμα μη παραμετρικού ταξινομητή είναι η μέθοδος Support Vector Machines (SVM) η οποία αποτελεί μια οικογένεια αλγορίθμων επιβλεπόμενων μεθόδων μηχανικής μάθησης, βασίζεται στη θεωρία της στατιστικής μάθησης και αναπτύχθηκε από τον (Vapnik, 1995). Τα SVM σχεδιάστηκαν αρχικά για να αναγνωρίσουν ένα γραμμικό όριο, που διαχωρίζει τα δύο δείγματα εκπαίδευσης σε ένα υπερ-επίπεδο, γνωστό και ως βέλτιστο διαχωριστικό υπερ-επίπεδο (optimal separation hyperplane) σε πολυδιάστατο χώρο (Maxwell et al., 2018). Η ικανότητα γενίκευσης της χρήσης των SVM στηρίζεται στη δυνατότητα μοντελοποίησης πολύπλοκων, μη γραμμικών ορίων τάξεων σε πολυδιάστατους χώρους χαρακτηριστικών μέσω της έννοιας των συναρτήσεων kernel (πυρήνας) (Chuc Duc Man et al., 2017). Επομένως μια συνάρτηση (ο πυρήνας) χρησιμοποιείται για να μετασχηματίσει τα δεδομένα σε ένα μεγαλύτερο χώρο (χώρος χαρακτηριστικών) στον

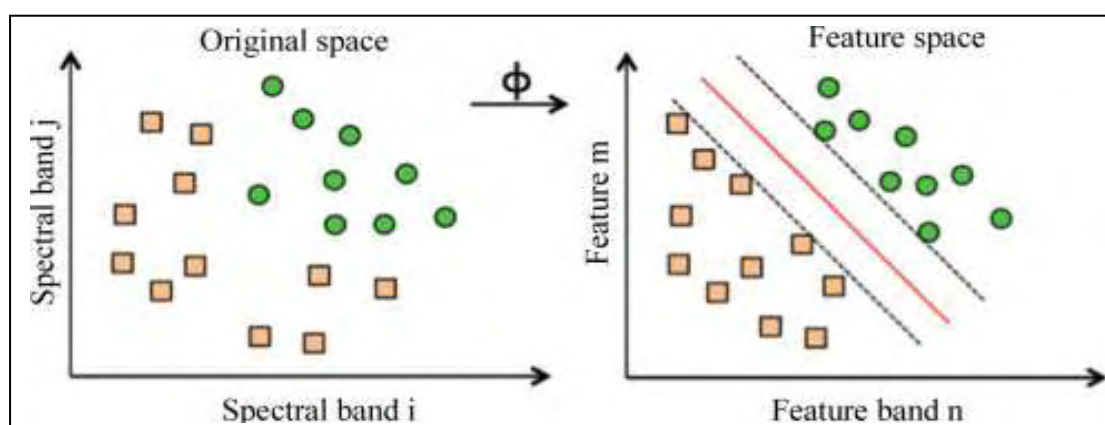
οποίο τα δεδομένα μπορούν να διαχωριστούν γραμμικά ή μη (Ceamanos and Valero, 2016). Για το σκοπό αυτό υπάρχουν πολυάριθμες τέτοιες συναρτήσεις, όπως οι Polynomial-based και Radial Basis Function (RBF).

Τα SVM προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν το περιθώριο διαχωρισμού (margin), δηλαδή την απόσταση ανάμεσα στα πλησιέστερα δείγματα εκπαίδευσης (ή Support Vectors) και του ίδιου του υπερ- επιπέδου (Chang and Lin, 2013) (Εικόνα -2.3).



Εικόνα 2.3. Μεγιστοποίηση του περιθωρίου (margin) ανάμεσα σε δύο τάξεις (πηγή: Ceamanos and Valero, 2016)

Τα SVM προβάλλουν τα διανύσματα αυτά (Vectors) στον πολυδιάστατο χώρο χαρακτηριστικών με τη χρήση των συναρτήσεων kernel ϕ , ενώ στην συνέχεια εφαρμόζουν το βέλτιστο υπερ- επίπεδο που διαχωρίζει τις τάξεις χρησιμοποιώντας τη βέλτιστη συνάρτηση (Εικόνα-2.4).



Εικόνα 2.4. Εικόνα της χρήσης ενός πυρήνα ϕ στη μέθοδο SVM. Αριστερά είναι ο αρχικός χώρος των χαρακτηριστικών και στα δεξιά η προβολή μέσω της συνάρτησης πυρήνα ϕ (πηγή: Ceamanos and Valero, 2016)

Καθώς η μέθοδος SVM σχεδιάστηκε αρχικά για δυαδική ταξινόμηση, υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για να επεκταθεί σε ταξινόμηση πολλαπλών κατηγοριών τύπου "one versus all" ή "one versus one" (Muller et al., 2001).

2.2.3. Σύγχρονες μέθοδοι ταξινόμησης

Οι επιστήμονες έχουν καταβάλει μεγάλες προσπάθειες για την ανάπτυξη προηγμένων προσεγγίσεων ταξινόμησης και τεχνικών για τη βελτίωση της ακρίβειας ταξινόμησης. Ωστόσο, η ταξινόμηση των δεδομένων από απόσταση σε έναν θεματικό χάρτη εξακολουθεί να αποτελεί πρόκληση, διότι πολλοί παράγοντες, όπως η ετερογένεια δομής του τοπίου σε μια περιοχή μελέτης, τα επιλεγμένα δεδομένα από απόσταση, καθώς και οι προσεγγίσεις επεξεργασίας εικόνας και ταξινόμησης, ενδέχεται να επηρεάσουν την επιτυχία μιας ταξινόμησης.

2.3.3.1 Προσέγγιση ταξινόμησης σε επίπεδο υπό του εικονοστοιχείου (sub-pixel classification methods)

Στην περίπτωση αυτή κάθε εικονοστοιχείο δεν αντιστοιχείται αυστηρά σε μία κλάση (όπως έδαφος, θάλασσα, βλάστηση κ.α.), αλλά αντίθετα μπορεί να προσδιοριστεί το ποσοστό του εικονοστοιχείου που αντιστοιχεί στην εκάστοτε κλάση (Weng , 2007). Λόγω της ανομοιομορφίας των τοπίων και του περιορισμού της χωρικής ανάλυσης των δορυφορικών εικόνων, αναγνωρίστηκε ως μείζον πρόβλημα η παρουσία εικονοστοιχείων που καταγράφουν ποικιλία καλύψεων γης, επηρεάζοντας έτσι την ακρίβεια της ταξινόμησης χρησιμοποιώντας pixel-based αλγόριθμους. (Fisher, 1997).

Σ' αυτό το πλαίσιο έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι ταξινόμησης που λαμβάνουν υπόψη το κλάσμα του εικονοστοιχείου. Μια από τις μεθόδους αυτές είναι η μέθοδος της μοντελοποίησης η οποία βασίζεται στην παραδοχή ότι τα χαρακτηριστικά των μικτών εικονοστοιχείων αποτελούν ανάμιξη των χαρακτηριστικών ενός μικρού αριθμού τύπων κάλυψης γης (Weng, 2007). Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κανόνες ταξινόμησης που βασίζονται σε ασαφή λογική καθώς και η ταξινόμηση φασματικών μιγμάτων, Spectral Mixture Analysis (SMA), είναι δύο προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση του μικτού προβλήματος των εικονοστοιχείων (Lu and Weng, 2007).

2.2.3.2 Προσεγγίσεις ταξινόμησης συνάφειας (Context classification approaches)

Η ταξινόμηση συνάφειας είναι μια προσεγγιστική ταξινόμηση η οποία εκμεταλλεύεται τις χωρικές πληροφορίες μεταξύ των γειτονικών εικονοστοιχείων για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων ταξινόμησης (Vahidi and Monabbati., 2013). Επομένως τα αποτελέσματα της ταξινόμησης μπορούν να βελτιωθούν με το να αναπτυχθούν μέθοδοι χωρικής και φασματικής ταξινόμησης (spectral-spatial classification) ή αλλιώς ταξινομητές συνάφειας (context classifiers). Αυτοί βασισμένοι τόσο στις φασματικές υπογραφές του εικονοστοιχείου (φασματική πληροφορία) όσο και στην πληροφορία που εξάγεται από τα γειτονικά του εικονοστοιχεία (χωρική πληροφορία) θα αναθέτουν κάθε εικονοστοιχείο σε μία κλάση. Οι ταξινομητές συνάφειας έχουν εξαιρετική απόδοση στην επεξεργασία εικόνων υψηλής ανάλυσης και εικόνων με μεγάλες ομογενείς περιοχές. Ένας ταξινομητής συμφραζομένων μπορεί να χρησιμοποιεί τυχαία πεδία Markov (Markov Random Fields - MRF), ασαφή λογική (Fuzzy theory), νευρωνικά δίκτυα (Neural Networks) (Magnussen et al., 2004). Οι πιο συχνές χρησιμοποιημένες προσεγγίσεις στην συμφραζόμενη ταξινόμηση είναι με βάση το τυχαίο τομέα Markov (MRF) και έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων ταξινόμησης (Lu and Weng, 2007).

2.2.3.3 Προσέγγιση που βασίζεται στη γνωσιακή ταξινόμηση (Knowledge - based classification approach)

Δεδομένου ότι τα διάφορα είδη βοηθητικών δεδομένων, όπως το ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο, η πληθυσμιακή πυκνότητα, το οδικό δίκτυο, η θερμοκρασία οι βροχοπτώσεις κ.α., είναι άμεσα διαθέσιμα, μπορούν να ενσωματωθούν σε μια διαδικασία ταξινόμησης. Μία από τις προσεγγίσεις είναι η ανάπτυξη ταξινομήσεων βασισμένων στη γνώση με βάση το μοντέλο χωρικής κατανομής των τάξεων κάλυψης γης και επιλεγμένων δεδομένων. Για παράδειγμα, το υψόμετρο, η κλίση και ο προσανατολισμός σχετίζονται με την κατανομή της βλάστησης σε ορεινές περιοχές. Επομένως, τα δεδομένα σχετικά με τα χαρακτηριστικά εδάφους είναι χρήσιμα για τον διαχωρισμό των κατηγοριών βλάστησης. Άλλες μεταβλητές όπως η πυκνότητα του πληθυσμού καθώς και του οδικού δικτύου σχετίζονται με την

κατανομή των χρήσεων γης στο εσωτερικό των πόλεων συμβάλλοντας στον εντοπισμό και ανάλυση εμπορικών / βιομηχανικών εκτάσεων και κατοικιών.

Η ανάπτυξη κανόνων και η εφαρμογή τους σ' ένα έμπειρο σύστημα (expert system) έχει αποδειχθεί αποτελεσματική για τη βελτίωση της ακρίβειας ταξινόμησης. Αυτή η προσέγγιση γίνεται όλο και περισσότερο ελκυστική λόγω της ικανότητάς της να φιλοξενεί πολλαπλές πηγές δεδομένων (Lu and Weng, 2007).

2.3. Μέθοδοι Μεταβολής Χρήσεις γης – Κάλυψης γης

Ο τρόπος που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση των αλλαγών κάλυψης / χρήσης γης (change detection) είναι η μελέτη διαδοχικών δορυφορικών εικόνων από διαφορετικές χρονικές περιόδους (Singh, 1989) με σκοπό να προσδιορίσει τις διαφορές στην εμφάνιση ενός αντικειμένου κατά την παρατήρηση. Λόγω της σημασίας της παρακολούθησης της αλλαγής των επιφανειακών χαρακτηριστικών της Γης, πολλές τεχνικές έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση αλλαγών. Κάθε είδος έχει τα δικά του πλεονεκτήματα, τα μειονεκτήματα και τις εφαρμογές του (Varadarajan and Shinakumar, 2017).

Για να υλοποιηθεί μια μελέτης ανίχνευσης αλλαγών εμπλέκονται τρία σημαντικά βήματα: (Lu et al., 2004).

(1) προεπεξεργασία εικόνας, που συμπεριλαμβάνει τη γεωμετρική διόρθωση και εγγραφή εικόνας, τη ραδιομετρική, ατμοσφαιρική και τοπογραφική διόρθωση εάν η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε ορεινές περιοχές,

(2) επιλογή κατάλληλων τεχνικών για την εφαρμογή της αλλαγής χρήσεως γης και

(3) αξιολόγηση ακρίβειας

2.3.1 Εξέταση πριν από την εφαρμογή της ανίχνευσης αλλαγών

Οι Macleod and Congalton (1998) περιέγραψαν τέσσερις σημαντικές πτυχές της ανίχνευσης αλλαγών για την παρακολούθηση φυσικών πόρων: ανίχνευση της αλλαγής, προσδιορισμός της φύσης της αλλαγής, μέτρηση της έκτασης και αξιολόγηση της χωρικής αλλαγής. Οι Lambin and Strahler (1994b) απαρίθμησαν πέντε κατηγορίες αιτίων που επηρεάζουν την αλλαγή χρήσεων/κάλυψης γης:

1. μακροπρόθεσμες φυσικές μεταβολές στις κλιματολογικές συνθήκες,

2. γεωμορφολογικές και οικολογικές διεργασίες όπως η διάβρωση του εδάφους και η διαδοχή της βλάστησης,
3. ανθρωπογενείς αλλοιώσεις της βλάστησης και τοπία όπως η αποδάσωση και η υποβάθμιση της γης,
4. διακυμάνσεις του κλίματος σε ετήσια βάση και
5. το φαινόμενο του θερμοκηπίου που προκαλείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Παράλληλα, οι χρονικές, χωρικές, φασματικές και ραδιομετρικές αναλύσεις των δορυφορικών δεδομένων τηλεπισκόπησης συμβάλουν στον εντοπισμό των αλλαγών χρήσεων/καλύψεων γης (Weber, 2001).

Για το διαχρονικό εντοπισμό των αλλαγών, σήμερα, αρκετοί χαρτογραφικοί δορυφόροι παρέχουν δωρεάν (και μη) δεδομένα για ανάλυση και επεξεργασία. Ιστορικά, οι πιο συνηθισμένες πηγές δεδομένων είναι οι πολυάριθμοι φασματικοί ανιχνευτές Thematic Mapper (TM), Landsat Multi-Spectral Scanner (MSS), Δορυφορικό Παρατηρητήριο de la Terre (SPOT), το ραντάρ AVHRR, ραντάρ και αεροφωτογραφίες, αλλά και καινοτόμοι αισθητήρες, όπως ο δέκτης Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) (Lu et al., 2004).

2.3.2 Μέθοδοι ανίχνευσης αλλαγής χρήσης/κάλυψης γης (LU/LC)

Η ανίχνευση αλλαγής LU/LC είναι πολύ σημαντική για την καλύτερη κατανόηση ενός τοπίου και για την καλύτερη διαχείριση της γης (Halimi et al., 2017). Επειδή η ανίχνευση αλλαγής ψηφιακών μεταβολών επηρεάζεται από χωρικούς, φασματικούς, θεματικούς και χρονικούς περιορισμούς και επειδή πολλές τεχνικές ανίχνευσης αλλαγής είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν, η επιλογή κατάλληλης μεθόδου ή αλγορίθμου για ένα συγκεκριμένο σκοπό είναι σημαντική αλλά όχι εύκολη.

Για λόγους ευκολίας, οι μέθοδοι ανίχνευσης αλλαγής ομαδοποιούνται σε πέντε κατηγορίες (Al-doski et al., 2013) :

1. Αλγεβρικές πράξεις φασματικών καναλιών
2. Φασματικοί μετασχηματισμοί,
3. Σύγκριση εικόνων ταξινόμησης,
4. χρήση γεωγραφικών πληροφοριών (GIS)
5. άλλες προσεγγίσεις.

Η πέμπτη κατηγορία περιλαμβάνει τις τεχνικές ανίχνευσης αλλαγών που δεν είναι κατάλληλες να συγκεντρωθούν σε καμία από τις τέσσερις κατηγορίες και δεν χρησιμοποιούνται ακόμη εκτεταμένα στην πράξη. Ως εκ τούτου, αυτή η κατηγορία δεν συζητείται λεπτομερώς.

1. Άλγεβρικές πράξεις φασματικών καναλιών

Η κατηγορία άλγεβρας περιλαμβάνει τη διαφοροποίηση της εικόνας, την παλινδρόμηση εικόνας, την αναλογία εικόνας, την διαφοροποίηση του δείκτη βλάστησης, την ανάλυση του διανύσματος των αλλαγών (Change Vector Analysis - CVA) και την αφαίρεση εικόνων. Η μέθοδος αφαίρεσης εικόνων εφαρμόζεται για ζεύγη εικόνων που βρίσκονται στην ίδια περιοχή, στο ίδιο σύστημα αναφοράς και έχουν ληφθεί από διαφορετικές χρονικές στιγμές (Μηλιαρέσης, 2013 ; Huete et al., 1999).

Αυτοί οι αλγόριθμοι έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό, δηλαδή την επιλογή ορίων για τον προσδιορισμό των αλλαγμένων περιοχών. Αυτές οι μέθοδοι (εκτός από το CVA) είναι σχετικά απλές, εύκολες στην εφαρμογή και ερμηνεία, αλλά δεν μπορούν να παρέχουν πλήρεις πληροφορίες αλλαγών. Το CVA μπορεί να εντοπίσει όλες τις αλλαγές από τα προσδιορισμένα όρια των περιοχών και μπορεί να παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες ανίχνευσης αλλαγών (Singh, 2013).

Ένα μειονέκτημα της κατηγορίας άλγεβρας είναι η δυσκολία στην επιλογή κατάλληλων ορίων για τον προσδιορισμό των αλλαγμένων περιοχών.

Στην κατηγορία αυτή, δύο είναι τα κρίσιμα στοιχεία για τα αποτελέσματα της ανίχνευσης αλλαγών.

- Η επιλογή των κατάλληλων καναλιών, δεικτών βλάστησης ή άλλων προϊόντων που προέρχονται από αριθμητικές πράξεις.
- Η κατηγορία των κατάλληλων ορίων (thresholds)

2. Φασματικοί Μετασχηματισμοί

Η κατηγορία μετασχηματισμοί περιλαμβάνει τις ακόλουθες τεχνικές (Hecheltjen et al., 2014).

- ✓ Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA)
- ✓ Kauth Thomas Μετασχηματισμός (Tasselled Cap) (KT)
- ✓ Gramm-Schmidt (GS)

✓ Chi-square

Ένα πλεονέκτημα αυτών των μεθόδων είναι η μείωση στον πλεονασμό των δεδομένων μεταξύ των ζωνών και τονίζει διαφορετικές πληροφορίες στις συνιστώσες που παράγονται. Ωστόσο, δεν μπορούν να παράσχουν λεπτομερείς πίνακες αλλαγών και απαιτούν τον καθορισμό ορίων για τον προσδιορισμό των περιοχών των αλλαγών. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η δυσκολία ερμηνείας και επισημάνσης των πληροφοριών αλλαγής στις μετασχηματισμένες εικόνες (Lu et al., 2004).

3. Σύγκριση εικόνων ταξινόμησης

Η κατηγορία ταξινόμηση περιλαμβάνει τη σύγκριση μετά τη ταξινόμηση, την Φασματική – Χρονική συνδυασμένη ανάλυση, την μέθοδο expectation-maximization (EM) , τη μη επιβλεπόμενη ανίχνευση αλλαγών και την υβριδική ανίχνευση αλλαγών (Ross and Bhadauria, 2015). Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται στις ταξινομημένες εικόνες, στις οποίες η ποιότητα και η ποσότητα των δειγματοληπτικών δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή ποιοτικών αποτελεσμάτων ταξινόμησης.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτών των μεθόδων είναι η δυνατότητα παροχής ενός ολοκληρωμένου πίνακα πληροφοριών των αλλαγών και μειώνει τις επιπτώσεις των εικόνων από τις ατμοσφαιρικές και περιβαλλοντικές διαφορές. Ωστόσο, η επιλογή για την ταξινόμηση υψηλής ποιότητας εικόνων είναι συχνά δύσκολη, ιδίως των ταξινομημένων εικόνων κάθε ημερομηνίας.

3. Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών Γ.Σ.Π. (GIS) (Geographical Information System)

Η κατηγορία ανίχνευσης αλλαγών που βασίζεται στο GIS περιλαμβάνει την ενσωματωμένη μέθοδο GIS και τηλεπισκόπησης και τη μέθοδο GIS.

Το πλεονέκτημα της χρήσης του GIS είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσης σε βοηθητικά δεδομένα για την ερμηνεία και την ανάλυση σε εφαρμογές ανίχνευσης αλλαγών. Στην ουσία γίνεται συνδυασμός εικόνων με δεδομένα GIS, όπως πολύγωνα επικαλύψεων διαφόρων χαρτών και στην συνέχεια τα αποτελέσματα εισάγονται σε περιβάλλον GIS για περαιτέρω ανάλυση (Halimi et al., 2017). Επομένως τα εργαλεία GIS χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία της γεωγραφικής βάσης δεδομένων και την ενσωμάτωση δεδομένων που προέρχονται από δορυφορικές εικόνες με κατηγορίες από τα διαθέσιμα μοντέλα κάλυψης γης (Halimi et al., 2017). Ωστόσο, η άντληση

δεδομένων αναλύσεων από πολλές πηγές, που σχετίζονται με τη διαφορετική γεωμετρική ακρίβεια επηρεάζουν την ποιότητα των αποτελεσμάτων (Lu et al., 2004).

2.4. Επιχειρησιακά Προϊόντα χρήσεων – κάλυψης γης με την χρήση τηλεπισκόπησης

Οι πρόσφατες εξελίξεις όσον αφορά τη συχνότητα και την προσβασιμότητα δεδομένων από την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα, την πρόοδο στις τεχνικές της γεωσκόπησης και το χειρισμό και επεξεργασία δεδομένων (Karantzalos et al., 2015), επέτρεψαν την παραγωγή πολυάριθμων επιχειρησιακών προϊόντων περιφερειακής και παγκόσμιας κάλυψης γης (C / GLC) (Manakos et al., 2017). Επομένως τα επιχειρησιακά αυτά προϊόντα κάλυψης γης (LC) έχουν δημιουργηθεί από την τηλεπισκόπηση και καλύπτουν διαφορετικές χρονικές περιόδους και διαφορετικές χωρικές, φασματικές αναλύσεις. Ειδικά σε περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο, τα προϊόντα περιλαμβάνουν βασικά δεδομένα για ένα ευρύ φάσμα περιβαλλοντικών μελετών που επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα, το κλίμα και την ανθρώπινη υγεία (Grekousis et al., 2015). Χρησιμεύουν ως συστήματα υποστήριξης αποφάσεων που βοηθούν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να εφαρμόζουν στόχους πολιτικής. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό τα επιχειρησιακά προϊόντα (LC) να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβή και αξιόπιστα, ώστε τα αποτελέσματα να είναι αξιόπιστα και συνεπή (Grekousis et al., 2015). Ταυτόχρονα, διεξάγονται παγκοσμίως δράσεις και Forum από τους ίδιους τους δημιουργούς της (C / GLC) και σε συντονισμό με διεθνείς οργανισμούς τηλεπισκόπησης, προκειμένου να επικυρώνονται τοπικά και περιφερειακά τα προϊόντα κάλυψης γης (Manakos et al., 2017).

Πολλά από αυτά τα προϊόντα βασίζονται σε αισθητήρες υψηλής ανάλυσης, για παράδειγμα, το GLC2000 βρίσκεται σε απόσταση 1 χιλιομέτρου, το MODIS στα 500 μέτρα, το GlobCover σε ανάλυση 300 μέτρων, το CORINE σε 100 και 250 μέτρα (Congalton et. al., 2014 and Grekousis et al., 2015). Οι χάρτες (LULC) που προκύπτουν αντιπροσωπεύουν τις σημαντικότερες πηγές συσσωρευμένων και ομοιογενοποιημένων πληροφοριών για την επιφάνεια της γης και χρησιμοποιούνται για διάφορες πολιτικές και επιστημονικές εφαρμογές, όπως η περιβαλλοντική παρακολούθηση, η παρακολούθηση του νερού, η βιοποικιλότητα, ο πολεοδομικός σχεδιασμός και η ανίχνευση της αλλαγής της παγκόσμιας κάλυψης εδάφους (Fritz et al., 2011 ; Tsenbdazar et al., 2015 ; Verburg et al., 2011).

Παρακάτω γίνεται αναφορά στα τέσσερα αυτά επιχειρησιακά προϊόντα LC (GLC2000, GLOBCOVER, CORINE και MODIS).

2.4.1. GLOBAL LAND USE 2000 (GLC 2000)

Το Global Land Cover 2000 Project (GLC 2000) έχει συντονιστεί από την Μονάδα GVM (Global Vegetation Monitoring). Αυτή διεξάγει διάφορες δραστηριότητες που σχετίζονται με τη χαρτογράφηση και την παρακολούθηση Κάλυψης γης, σε συνεργασία με ένα δίκτυο συνεργατών σε όλο τον κόσμο.

Ο γενικός στόχος προέβλεπε για το έτος 2000 εναρμονισμένη βάση δεδομένων για την κάλυψη της γης σε όλη την υδρόγειο. Το έτος δύο χιλιάδες θεωρείται ως έτος αναφοράς για την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε σχέση με διάφορες δραστηριότητες, ιδίως με τις διεθνείς συμβάσεις που σχετίζονται με το οικοσύστημα των Ηνωμένων Εθνών. Επιπλέον ο στόχος του επιχειρησιακού προϊόντος GLC είναι να παρέχει δεδομένα στους επιστήμονες, στους λήπτες αποφάσεων (policy makers), σε μη κυβερνητικές οργανώσεις, σε περιβαλλοντικές υπηρεσίες κ.λ.π. (Bartholome E., and Belward A., 2005).

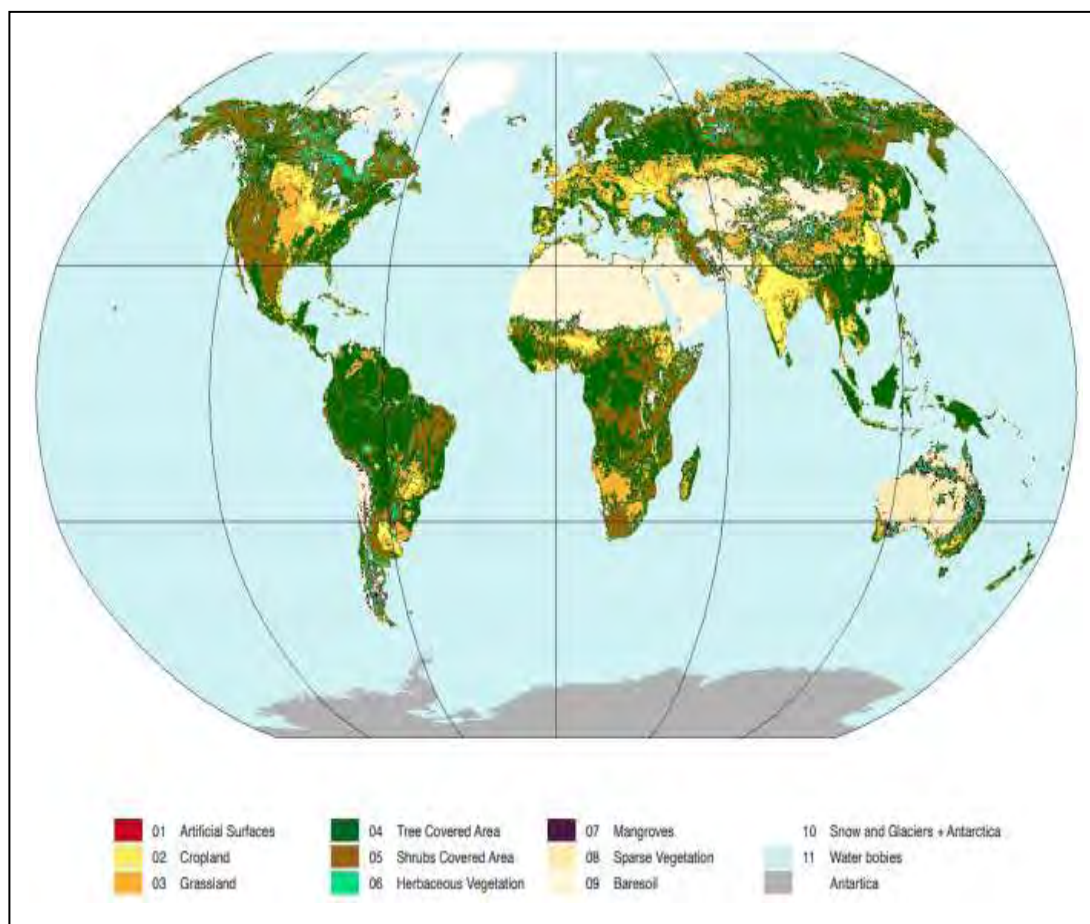
Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, το GLC 2000 χρησιμοποιεί το σύνολο δεδομένων VEGA 2000 που είναι ένα σύνολο δεδομένων 14 μηνών προκατασκευασμένων ημερήσιων συνολικών δεδομένων που αποκτήθηκαν από το όργανο VEGETATION επί του δορυφόρου SPOT4 (Bartholome E., and Belward A., 2005).

Τα χαρακτηριστικά των προϊόντων GLC 2000 φαίνονται στον παρακάτω (Πίνακα-2.1).

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά των προϊόντων GLC2000 (πηγή: Grekousis et al., 2015)

Όνομα προϊόντος	Χωρική ανάλυση	Συνολική ακρίβεια (%)	Περίοδος απόκτησης δεδομένων	Δορυφόρος και Αισθητήρας	Επίπεδο ταξινόμησης	Μέθοδος ταξινόμησης
GLC 2000	1 χλμ	68,6	Νοέμβριος 1999- Δεκέμβριος 2000	SPOT4 VEGETATION	FAO LCCS 22 τάξεις	Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Η (Εικόνα-2.5) μας δείχνει την κατανομή των σημαντικότερων τύπων κάλυψης γης από το GLC για το έτος 2014 σε παγκόσμια κλίμακα (Latham et al., 2014).



Εικόνα 2.5. Οι σημαντικότεροι τύποι κάλυψης γης GLC (Global Land Cover)
(Latham et al., 2014)

2.4.2. GLOBCOVER MERRIS

Το GlobCover είναι μια πρωτοβουλία του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος που αποσκοπούσε στην ανάπτυξη μιας υπηρεσίας ικανής να παρέχει παγκόσμια σύνθετα και χερσαία καλύμματα χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις εισόδου από τον αισθητήρα MERIS των 300 μέτρων επί της δορυφορικής αποστολής ENVISAT . Ο συνολικός χάρτης κάλυψης εδάφους της Globcover καλύπτει την περίοδο Δεκεμβρίου 2004 - Ιουνίου 2006 και προέρχεται από μια αυτόματη και περιφερειακά συντονισμένη ταξινόμηση μιας χρονοσειράς απόκρισης επιφανείας πλήρους ανάλυσης MERIS. Ο χάρτης κάλυψης γης περιλαμβάνει 22 τάξεις που αντιστοιχούν

σε συγκεκριμένους τύπους γης (Arino et al., 2007). Ο χάρτης αποδείχθηκε εξαιρετικά σημαντικός για περαιτέρω μελέτες σχετικά με το περιβάλλον και τη βιωσιμότητα, ιδίως όσον αφορά την ταξινόμηση και την επικύρωση της παγκόσμιας κάλυψης γης. Η συνολική ακρίβεια της ταξινόμησης των προϊόντων GlobCover είναι 73,1% και βασίστηκε από την συλλογή 3.167 δειγμάτων (Defourny et al., 2009).

Τα χαρακτηριστικά των προϊόντων GlobCover φαίνονται στον παρακάτω (Πίνακα-2.2)

Πίνακας 2.2. Χαρακτηριστικά των προϊόντων GLOBCOVER (πηγή: Grekousis et al., 2015)

Όνομα προϊόντος	Χωρική ανάλυση	Συνολική ακρίβεια (%)	Περίοδος απόκτησης δεδομένων	Δορυφόρος και Αισθητήρας	Επίπεδο ταξινόμησης	Μέθοδος ταξινόμησης
GLOBCOVER				MERIS	FAO LCCS 22 τάξεις	Εποπτευόμενη και μη εποπτεία
GlobCover2005 v2.2	300 μ	73,1	2004-2006			
GlobCover2009	300 μ	67,5	2009			

Ο χάρτης κάλυψης γης GlobCover περιλαμβάνει 22 αριθμητικές τάξεις που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένους τύπους γης (Πίνακας-2.3).

Πίνακας 2.3. Οι τάξεις κάλυψης γης από το GlobCover (πηγή: <http://due.esrin.esa.int/>)

Value	Global Globcover legend (level 1)
11	Post-flooding or irrigated croplands
14	Rainfed cropland
20	Mosaic Cropland (50-70%) / Vegetation (grassland, shrub land, forest) (20-50%)
30	Mosaic Vegetation (grassland, shrub land, forest) (50-70%) / Cropland (20-50%)
40	Closed to open (>15%) broadleaved evergreen and/or semi-deciduous forest (>5m)
50	Closed (>40%) broadleaved deciduous forest (>5m)
60	Open (15-40%) broadleaved deciduous forest (>5m)
70	Closed (>40%) needle leaved evergreen forest (>5m)
90	Open (15-40%) needle leaved deciduous or evergreen forest (>5m)
100	Closed to open (>15%) mixed broadleaved and needle leaved forest (>5m)
110	Mosaic Forest/ Shrub land (50-70%) / Grassland (20-50%)
120	Mosaic Grassland (50-70%) / Forest/Shrub land (20-50%)
130	Closed to open (>15%) shrub land (<5m)
140	Closed to open (>15%) grassland
150	Sparse (>15%) vegetation (woody vegetation, shrubs, grassland)
160	Closed (>40%) broad leaved forest regularly flooded – Fresh water
170	Closed (>40%) broad leaved semi-deciduous and/or evergreen forest regularly flooded – Saline water
180	Closed to open (>15%) vegetation (grassland, shrub land, woody vegetation) on regularly flooded waterlogged soil – Fresh, brackish or saline water
190	Artificial surfaces and associated areas (urban areas > 50%)

200	Bare areas
210	Water bodies
220	Permanent snow and ice

2.4.3. CORINE

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η εκτεταμένη χρήση του ευρωπαϊκού χάρτη κάλυψης γης Corine (CLC) πραγματοποιείται από σχεδιαστές τοπίου, οικολόγους, ερευνητές και υπεύθυνους χάραξης πολιτικής. Παρέχει χωρικά δεδομένα σχετικά με την κατάσταση του ευρωπαϊκού περιβαλλοντικού τοπίου και τον τρόπο που αλλάζει με την πάροδο του χρόνου. Με βάση την ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων, η CLC παρέχει χάρτες εθνικής κλίμακας για την αλλαγή και την κάλυψη της γης κάθε έξι χρόνια (2000-2006-2012) για τριάντα εννέα χώρες στην Ευρώπη. Το γεγονός ότι πρόκειται για πανευρωπαϊκό σύνολο δεδομένων σημαίνει ότι είναι χρήσιμο για τη χάραξη πολιτικής και για συγκριτική περιβαλλοντική ανάλυση και αξιολόγηση σε όλη την Ευρώπη. Τα προϊόντα παράγονται τόσο σε μορφή vector όσο και σε μορφή raster σε αναλύσεις των 100 και 250 μ. (Arsanjani et al., 2016).

Στον παρακάτω (Πίνακας-2.4) φαίνονται διάφορα χαρακτηριστικά των προϊόντων CORINE όπως είναι η χωρική και χρονική κάλυψη, η χωρική ανάλυση, η συνολική ακρίβεια, ο αισθητήρας και ο δορυφόρος, το επίπεδο και η μέθοδος ταξινόμησης.

Πίνακας 2.4. Χαρακτηριστικά των προϊόντων CORINE (πηγή: Grekousis et al., 2015)

Όνομα προϊόντος	Χωρική ανάλυση	Συνολική ακρίβεια (%)	Περίοδος απόκτησης δεδομένων	Δορυφόρος και Αισθητήρας	Επίπεδο ταξινόμησης	Μέθοδος ταξινόμησης
CORINE						
CLC1990	100m, 250m	Το ελάχιστο 85,0 δεν επιτεύχθηκε στις περισσότερες χώρες	1986-1998	Landsat 4,5 TM	5 τάξεις	Φωτογραφική ερμηνεία
CLC2000	100m, 250m	> 85,0 επιτυγχάνεται	1999-2001	Landsat 7 TM	5 τάξεις	Φωτογραφική ερμηνεία
CLC2006	100m, 250m	87,8 για το προϊόν αλλαγής	2005-2007	SPOT 4,5, IRS P6	5 τάξεις	Φωτογραφική ερμηνεία

CLC2012	100m, 250m	Αναμένεται να είναι > 85,0	2011-2012	RapidEye, IRS P6, IRS LISS III	5 τάξεις	Φωτογραφική ερμηνεία
---------	---------------	-------------------------------	-----------	--------------------------------------	----------	-------------------------

Οι τάξεις του CORINE είναι χωρισμένες σε τρία επίπεδα. Το πρώτο επίπεδο (5 τάξεις) χωρίζεται σε υποτάξεις που περιέχουν ειδικότερες πληροφορίες και το ίδιο ισχύει και με αυτές (Πίνακας 2.5).

Πίνακας 2.5. Ταξινόμηση CORINE (πηγή: <https://land.copernicus.eu>)

Level 1	Level 2	Level 3
1 Artificial surfaces	11 Urban fabric	111 Continuous urban fabric 112 Discontinuous urban fabric
	12 Industrial, commercial and transport units	121 Industrial or commercial units 122 Road and rail networks and associated land 123 Port areas 124 Airports
	13 Mine, dump and construction sites	131 Mineral extraction sites 132 Dump sites 133 Construction sites
	14 Artificial, non-agricultural vegetated areas	141 Green urban areas 142 Sport and leisure facilities
2 Agricultural areas	21 Arable land	211 Non-irrigated arable land 212 Permanently irrigated land 213 Rice fields
	22 Permanent crops	221 Vineyards 222 Fruit trees and berry plantations 223 Olive groves
	23 Pastures	231 Pastures
	24 Heterogeneous agricultural area	241 Annual crops associated with permanent crops 242 Complex cultivation patterns 243 Land principally occupied by agricultural, with significant areas of natural vegetation 244 Agro-forestry areas
3 Forest and semi natural areas	31 Forests	311 Broad-leaved forest 312 Coniferous forest 313 Mixed forest
	32 Scrub and/or herbaceous	321 Natural grasslands

	vegetation associations	322 Moors and heathland 323 Sclerophyllous vegetation 324 Traditional Woodland-shrub
	33 Open spaces with little or no vegetation	331 Beaches, dunes, sands 332 Bare rocks 333 Sparsely vegetated areas 334 Burnt areas 335 Glaciers and perpetual snow
4 Wetlands	41 Inland wetlands	411 Inland marshes 412 Peat bogs
	42 Maritime wetlands	421 Salt marshes 422 Saline's 423 Intertidal flats
5 Water bodies	51 Inland waters	511 Water courses 512 Water bodies
	52 Marine waters	521 Coastal lagoons 522 Estuaries 523 Sea and Ocean

Η Ελληνική έκδοση του Πίνακα 2.5 φαίνεται στο Παράρτημα 1

2.4.4. MODIS

2.4.4.1 Αισθητήρας Modis

Ο Modis (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) αποτελεί ένα από τα κυριότερα όργανα επάνω στους δορυφόρους Terra (EOS AM) και Aqua (EOS PM). Η τροχιά του Terra γύρω από τη Γη συγχρονίζεται έτσι ώστε να περνά από βόρεια προς τα νότια εγκάρσια του ισημερινού το πρωί, ενώ ο Aqua περνά από νότια προς τα βόρεια εγκάρσια του ισημερινού το απόγευμά. Οι Terra Modis και Aqua Modis παρατηρούν όλη την επιφάνεια της Γης κάθε μια με δύο μέρες αποκτώντας δεδομένα σε 36 φασματικά κανάλια των οποίων τα μήκη κύματος κυμαίνονται από 0,4μm έως 14,4 μm. Αυτά τα δεδομένα βελτιώνουν την κατανόησή μας σε θέματα παγκόσμιας δυναμικής και διαδικασίες που συμβαίνουν στη γη, στους ωκεανούς και στη κατώτερη ατμόσφαιρα. Ο Modis παίζει ένα ζωτικό ρόλο, παγκοσμίως, συμμετέχοντας σε συστήματα μοντέλων της Γης ικανά να προβλέψουν την παγκόσμια αλλαγή με αρκετή ακρίβεια για να βοηθήσει νομοθέτες στο να πάρουν ισχυρές αποφάσεις όσον αφορά την προστασία του περιβάλλοντος.

Το καταγραφικό σύστημα Modis παρέχει υψηλή ραδιομετρική ευαισθησία (12Bit). Δύο κανάλια απεικονίζονται με μια εικονική ευκρίνεια των 250 m στο ναδίρ, με 5 κανάλια στα 500 m και τα εναπομείναντα 29 κανάλια στο 1 km. Ένας βαθμός \pm

55 σαρωτικού πρότυπου στην τροχιά EOS των 705 km πραγματοποιεί μια λωρίδα 2330 km. Το σύστημα κατόπτρων σάρωσης χρησιμοποιεί μια συνεχή περιστροφή ενός διπλού κάτοπτρου σάρωσης για να σαρώσει ± 55 μοίρες και καθοδηγείται από ένα μηχανικό κωδικογράφο κατασκευασμένο για να λειτουργεί στο 100% του κύκλου καθηκόντων του σε όλη την προσχεδιασμένη ζωή των 6 ετών του. Το οπτικό σύστημα αποτελείται από ένα τηλεσκόπιο εκτός, το οποίο κατευθύνει την ενέργεια σε 4 διαθλαστικά αντικείμενα στόχους. Ένα για κάθε φασματική περιοχή VIS, NIR, SWIR, MIR και LWIR για να καλύψουν μια συνολική περιοχή φάσματος από 0,4 σε 14,41 μ m. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά του MODIS (Πίνακας-2.6).

Πίνακας 2.6. Προδιαγραφές και χαρακτηριστικά των MODIS (πηγή: Πετρινόλη., 2016)

Specifications	
Orbit	705 km, 10:30 a.m. descending node (Terra) or 1:30 p.m. ascending node (Aqua), sun-synchronous, near – polar, circular
Scan rate	20.3 rpm, cross track
Swath	2330 km (cross track) by 10km (along track at nadir)
Dimensions	
Telescope	17.78 cm diam. Off-axis, afocal (collimated), with intermediate field stop
Size	1.0 x 1.6 x 1.0 m
Weight	228.7 kg
Power	162.5 W (single orbit average)
Data rate	10.6 Mbit/s (peak daytime); 6.1 Mbit/w (orbital average)
Quantization	12 bits
Spatial Resolution	250 m (bands 1-2) 500 m (bands 3-7) 1000 m (bands 8-36)
Design life	6 years

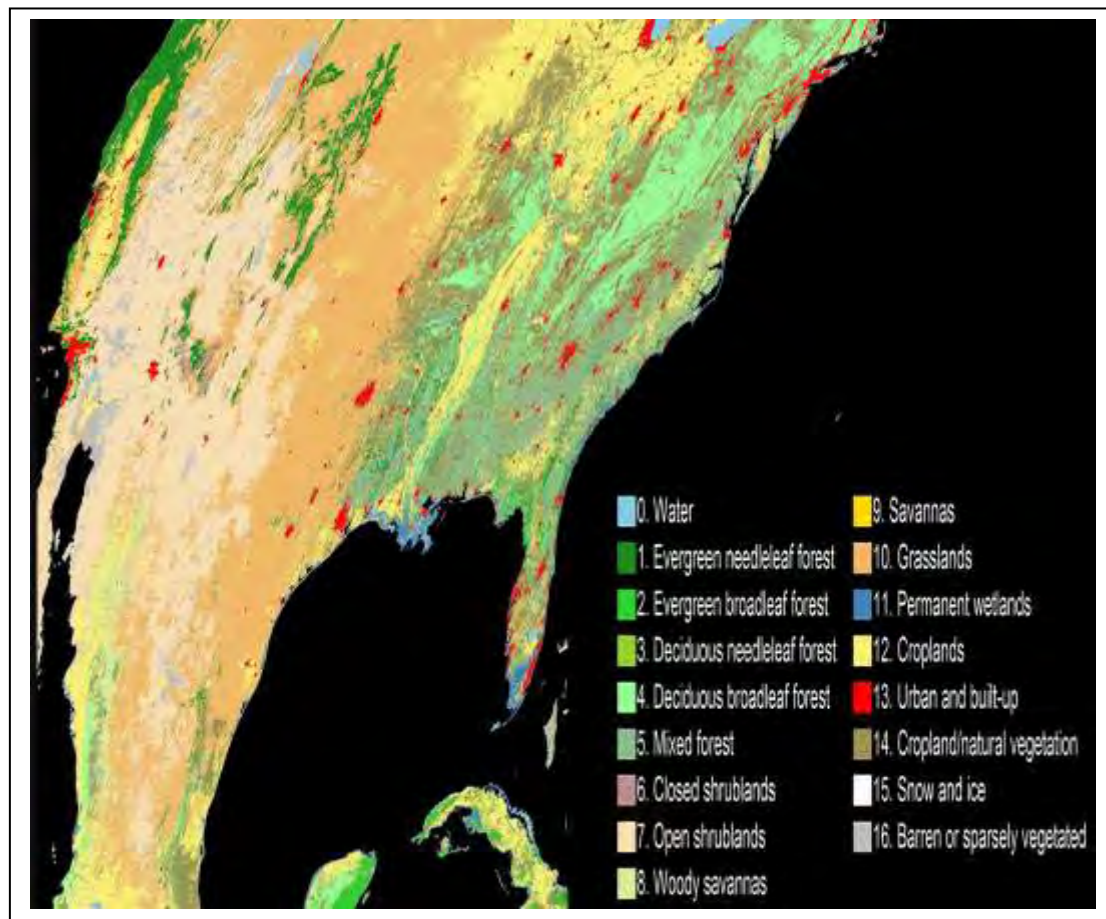
2.5.2.2 Προϊόντα MODIS

Για την χρήση γης/κάλυψη γης (LULC) μας ενδιαφέρουν τα προϊόντα του MODIS (MCD12Q1 5.1) όπου τα χαρακτηριστικά του φαίνονται στον παρακάτω (Πίνακα-2.7).

Πίνακας-2.7. Χαρακτηριστικά των προϊόντων MODIS (πηγή: Grekousis et al., 2015)

Όνομα προϊόντος	Χωρική ανάλυση	Συνολική ακρίβεια (%)	Περίοδος απόκτησης δεδομένων	Δορυφόρος και Αισθητήρας	Επίπεδο ταξινόμησης	Μέθοδος ταξινόμησης
Μονάδα κάλυψης εδάφους MODIS / συλλογή MCD12Q1 5.1	500 μ	71.6	Ετήσια από το 2001	MODIS	IGBP 17 τάξεις	Επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Οι 17 κατηγορίες κάλυψης γης του (MCD12Q1 5.1) από το παγκόσμιο σύστημα ταξινόμησης IGBP φαίνονται στην παρακάτω (Εικόνα-2.6).



Εικόνα 2.6. Οι 17 κατηγορίες κάλυψης γης του (MCD12Q1 5.1) από το παγκόσμιο σύστημα ταξινόμησης IGBP (πηγή: Zhang and Roy, 2017)

Ο παρακάτω (πίνακα-2.8) παρέχει λίστα που περιγράφει τις 17 μονάδες κάλυψης γης IGBP.

Πίνακας 2.8. Περιγραφή των 17 κατηγοριών κάλυψης γης IGBP (πηγή: Friedl et al. 2002)

Class 0: Water bodies	Oceans, seas, lakes, reservoirs, and rivers. Can be either fresh or salt-water bodies
Class 1: Evergreen needleleaf forests	Lands dominated by needleleaf woody vegetation with a percent cover >60% and height exceeding 2 m. Almost all trees remain green all year. Canopy is never without green foliage.
Class 2: Evergreen broadleaf forests	Lands dominated by broadleaf woody vegetation with a percent cover >60% and height exceeding 2 m. Almost all trees and shrubs remain green year round. Canopy is never without green foliage.
Class 3: Deciduous needleleaf forests	Lands dominated by woody vegetation with a percent cover >60% and height exceeding 2 m. Consists of seasonal needleleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.
Class 4: Deciduous broadleaf forests	Lands dominated by woody vegetation with a percent cover >60% and height exceeding 2 m. Consists of broadleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.
Class 5: Mixed forests	Lands dominated by trees with a percent cover >60% and height exceeding 2 m. Consists of tree communities with interspersed mixtures or mosaics of the other four forest types. None of the forest types exceeds 60% of landscape.
Class 6: Closed shrublands	Lands with woody vegetation less than 2 m tall and with shrub canopy cover >60%. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.
Class 7: Open shrublands	Lands with woody vegetation less than 2 m tall and with shrub canopy cover between 10% and 60%. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.
Class 8: Woody savannas	Lands with herbaceous and other understory systems, and with forest canopy cover between 30% and 60%. The forest cover height exceeds 2 m.
Class 9: Savannas	Lands with herbaceous and other understory systems, and with forest canopy cover between 10% and 30%. The forest cover height exceeds 2 m.
Class 10: Grasslands	Lands with herbaceous types of cover. Tree and shrub cover is less than 10%.
Class 11: Permanent wetlands	Lands with a permanent mixture of water and herbaceous or woody vegetation. The vegetation can be present either in salt, brackish, or fresh water.
Class 12: Croplands	Lands covered with temporary crops followed by harvest and a bare soil period (e.g., single and multiple cropping systems). Note that perennial

	woody crops will be classified as the appropriate forest or shrub land cover type.
Class 13: Urban and built-up lands	Land covered by buildings and other man-made structures.
Class 14: Cropland/natural vegetation mosaics	Lands with a mosaic of croplands, forests, shrubland, and grasslands in which no one component comprises more than 60% of the landscape.
Class 15: Snow and ice	Lands under snow/ice cover throughout the year.
Class 16: Barren	Lands with exposed soil, sand, rocks, or snow and never have more than 10% vegetated cover during any time of the year.

Η Ελληνική έκδοση του Πίνακα 2.8 φαίνεται στο Παράρτημα 2

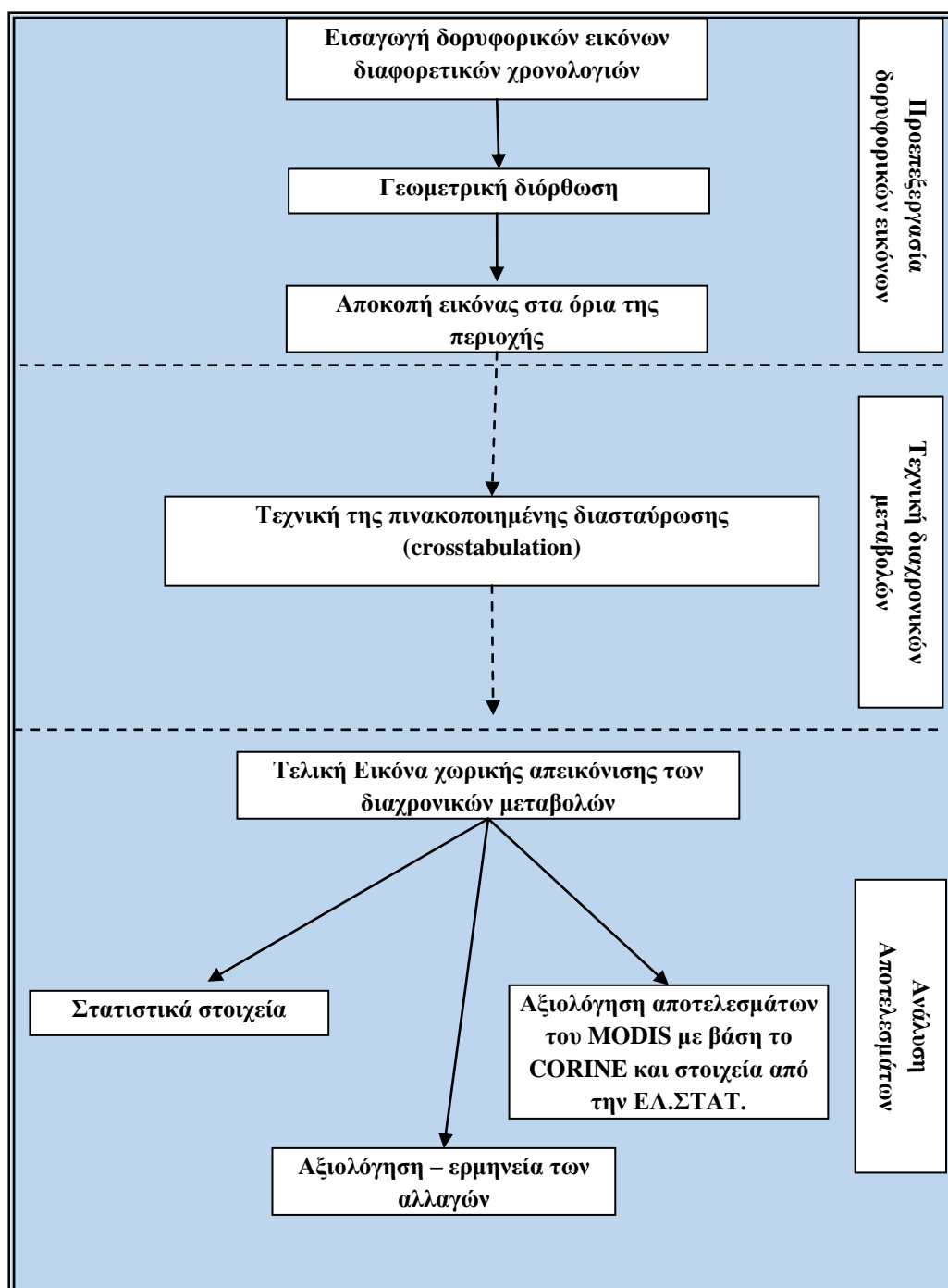
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ

Η μεθοδολογία περιλαμβάνει τα παρακάτω τρία βασικά βήματα:

- 1) Αρχικά μέσω κατάλληλου ιστοτόπου (<https://search.earthdata.nasa.gov>) γίνεται επιλογή κατάλληλων χρονολογιών MODIS υπηρεσιακού προϊόντος MCD12Q1 για τον εντοπισμό των αλλαγών χρήσεων/κάλυψης γης. Στην συνέχεια γίνεται προεπεξεργασία των δορυφορικών αυτών δεδομένων όπως γεωμετρική διόρθωση. Πραγματοποιείται διόρθωση των γεωμετρικών παρεμβολών που υπάρχουν στις ψηφιακές εικόνες κατά την λήψη τους, δίνοντας πραγματικές συντεταγμένες εδάφους. Οι τελικές εικόνες χαρακτηρίζονται από τις ιδιότητες της κλίμακας και της ορθής προβολής. Επόμενο βήμα είναι αποκοπή (subset) της εικόνας, αφού μας ενδιαφέρει ένα συγκεκριμένο μέρος της εικόνας και όχι ολόκληρη.
- 2) Ακολουθεί η τεχνική διαχρονικών μεταβολών, σε ζεύγος ταξινομημένων εικόνων παρόμοιων χρονολογιών. Οι χάρτες αυτοί έχουν τις ίδιες καλύψεις γης ενώ για την ανίχνευση και των χωρικό εντοπισμό των μεταβολών, εφαρμόστηκε η τεχνική της πινακοποιημένης διασταύρωσης (crosstabulation) η οποία προσδιόρισε την μεταβολή ή όχι κάθε pixel της ταξινομημένης εικόνας.
- 3) Έλεγχος της ακρίβειας των διαχρονικών αλλαγών χρήσεων γης όπως προέκυψαν μεταξύ των υπηρεσιακών προϊόντων MODIS, με την βοήθεια των δεδομένων CORINE LULC και από στοιχεία από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛ.ΣΤΑΤ.).

3) Τελευταίο στάδιο είναι αυτό των αποτελεσμάτων όπου γίνεται ερμηνεία των αλλαγών βάση των οικονομικοκοινωνικών μεταβολών που έχουν συμβεί στην περιοχή μελέτης (αναδιάρθρωση καλλιεργειών, οικονομική κρίση κ.λ.π.)

Στη παρακάτω (Εικόνα-3.1) παρουσιάζονται συνοπτικά τα βήματα της μελέτης σε ένα διάγραμμα ροής εργασιών:



Εικόνα 3.1. Διάγραμμα ροής διαχρονικής ανάλυσης των επιχειρησιακών προϊόντων MODIS (MCD12Q1) - CORINE

4.ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

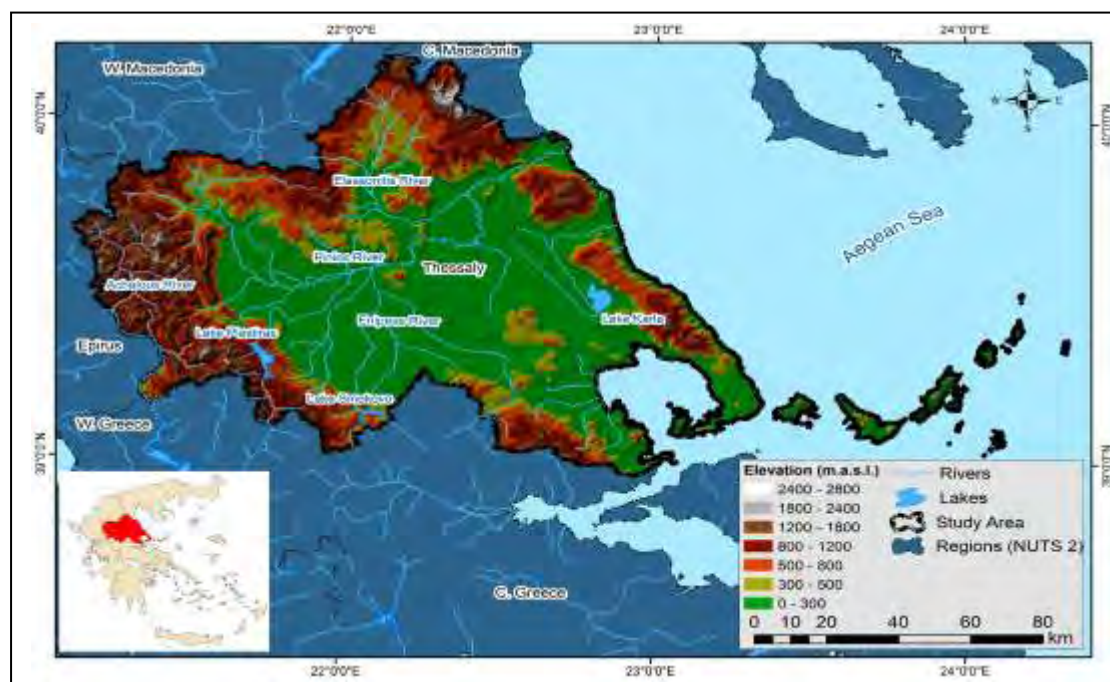
4.1 Περιγραφή περιοχής μελέτης



Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας η οποία έχει συνολική έκταση 14.036 Km² και αντιπροσωπεύει περίπου το 11% τη συνολικής έκτασης της ελληνικής επικράτειας (Σκριμιζέα, 2012) (Εικόνα-4.1).

Εικόνα 4.1. Η θέση της Περιφέρειας Θεσσαλίας στην Ελλάδα (πηγή: <https://el.wikipedia.org>)

Προς βορρά συνορεύει με τις περιφέρειες της Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας, νότια με την περιφέρεια Στερεάς Ελλάδος, δυτικά με την περιφέρεια Ηπείρου, ενώ Ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος (Εικόνα-4.2).



Εικόνα 4.2. Χάρτης της περιοχής μελέτης (πηγή: Manakos et al., 2015)

Ενώ το 44,9% του εδάφους της διοικητικής περιφέρειας Θεσσαλίας είναι ορεινό, το 17,1% ημιορεινό και μόλις το 36% πεδινό, η ονομασία Θεσσαλία είναι ταυτισμένη με την εικόνα της πεδιάδας που είναι η μεγαλύτερη πεδιάδα της Ελλάδας. Ο θεσσαλικός κάμπος αποτελεί το πλεονέκτημα της Θεσσαλίας για ανάπτυξη της αγροτικής παραγωγής, μέσω των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, που αποτελούν το 12,68% της συνολικής έκτασης της χώρας (Σκριμιζέα, 2012). Η πεδιάδα αυτή διασχίζεται στο άξονα ανατολή-δύση από τον ποταμό Πηνειό, το τρίτο μεγαλύτερο ποτάμι της χώρας. Στις ορεινές περιοχές περιλαμβάνονται ο Όλυμπος, το νότιο τμήμα της οροσειράς της Πίνδου, το βόρειο τμήμα των Αγράφων, η Όσσα, το Πήλιο και η Όθρυς.

Η γεωγραφική της θέση, στο κέντρο της χώρας μας, αποτελεί σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα για την οικονομική ανάπτυξή της.

Μεγαλύτερη πόλη, αλλά και πρωτεύουσα της Θεσσαλίας, όπως και έδρα της Περιφέρειας Θεσσαλίας είναι η Λάρισα. Δεύτερη πόλη σε πληθυσμό ο Βόλος, που αποτελεί και το λιμάνι όλης της Θεσσαλίας. Εξίσου σημαντικά αστικά κέντρα της περιφέρειας είναι τα Τρίκαλα και η Καρδίτσα. Πιο συγκεκριμένα η πόλη της Λάρισας που αποτελεί την 5^η σε πληθυσμό μεγαλύτερη πόλη της χώρας μας έχει με 144.651 κατοίκους, η πόλη του Βόλου είναι η 6^η μεγαλύτερη πόλη στην Ελλάδα με 120.733 κατοίκους, τα Τρίκαλα η 8^η μεγαλύτερη πόλη με 61.653 κατοίκους και η πόλη της Καρδίτσας με 38.554 κατοίκους (<http://www.statistics.gr>).

Η Θεσσαλία έχει κατά βάση υψηλή παραγωγή προϊόντων του πρωτογενή τομέα αλλά και σημαντική μεταποίηση.

4.1.1 Οικονομία του Γεωγραφικού Διαμερίσματος (ΓΔ) της Θεσσαλίας

Την περίοδο 2000 – 2008 το παραγόμενο ακαθάριστο προϊόν στην Περιφέρεια Θεσσαλίας αντιπροσωπεύει περίπου το 5,67% του παραγόμενου προϊόντος της Ελλάδας (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2012) .

Ο νομός Λάρισας συνεισφέρει με περίπου 42% του ΑΕΠ της Περιφέρειας Θεσσαλίας, ο νομός Μαγνησίας με περίπου 32%, ο νομός Τρικάλων με περίπου 15% και ο νομός Καρδίτσας με περίπου 12% (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2012).

Πολύ σημαντική είναι η συνεισφορά του πρωτογενούς τομέα της Θεσσαλίας στη διαμόρφωση του ΑΕΠ της χώρας, για το χρονικό διάστημα 2000-2009, με ποσοστό 13%, το οποίο την κατατάσσει δεύτερη μεταξύ των δεκατριών περιφερειών μετά την Κεντρική Μακεδονία (Μελέτη για την ανάπτυξη της Περιφέρειας Θεσσαλίας, 2013)

Παρά την ανοδική του τάση σε όλη τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας, το ΑΕΠ της Περιφέρειας Θεσσαλίας κυμάνθηκε περί του 75% του Ευρωπαϊκού μέσου όρου των 27 χωρών (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2012).

Κατά το 2009 και 2010 το ΑΕΠ της Περιφέρειας Θεσσαλίας ακολουθεί τη γενική πτωτική τάση του ΑΕΠ της Χώρας όπου μέσα στη δύνη της οικονομικής κρίσης είναι μαθηματικά βέβαιη η κάμψη του ΑΕΠ της περιφέρειας και οι προβλέψεις μέχρι το 2014 είναι δυσοίωνες (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρεια Θεσσαλίας, 2012).

4.1.2 Αναπτυξιακός Χαρακτήρας

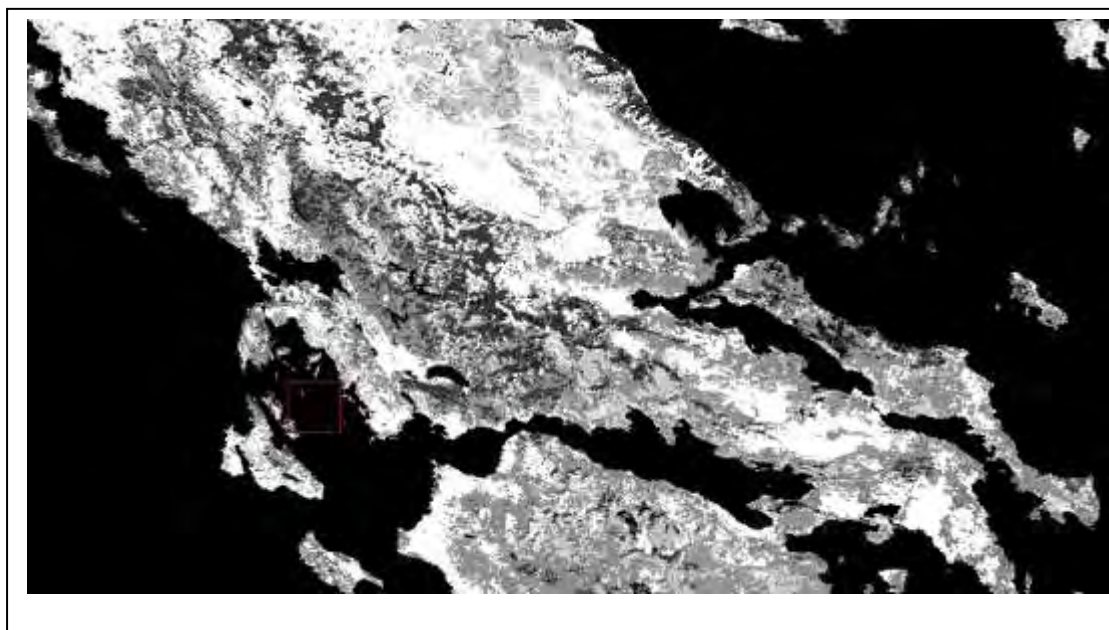
Η σύνδεση της Θεσσαλίας με τον υπόλοιπο ελληνικό χώρο όπου επιτυγχάνεται αφού καταλαμβάνει το κέντρο της ηπειρωτικής Ελλάδας, οι ισχυρές μεσαίες προς μεγάλες πόλεις, (συνολικά 20 περίπου αστικών και τουριστικών οικιστικών κέντρων), οι ορεινοί όγκοι, ο μεγάλος κάμπος, τα ποτάμια, οι τεχνητές λίμνες η θάλασσα, το νησιωτικό σύμπλεγμα, συνθέτουν ένα περιβάλλον υψηλής αναπτυξιακής δυναμικής.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα συνοψίζονται:

1. Στη Γεωγραφική θέση που εξασφαλίζει σύντομη και άνετη πρόσβαση σε οποιοδήποτε μέρος της χώρας, για τους επισκέπτες και τους κατοίκους της
2. Λόγω των πολύ καλών κλιματολογικών και περιβαλλοντικών συνθηκών επιτρέπεται η ποιοτική παραγωγή προϊόντων
3. Στον θεσσαλικό κάμπο που είναι η μεγαλύτερη πεδιάδα της χώρας και ενδείκνυται για πλήθος καλλιεργειών και άμεση προσαρμοστικότητα στις νέες μεθόδους για την δημιουργία καλλιεργειών μέσω της τεχνολογίας και της αγοράς
4. Στην ύπαρξη του λιμένα του Βόλου που προσθέτουν στην περιφέρεια το πλεονέκτημα της θαλάσσιας σύνδεσης τόσο για τουριστικούς όσο και για εμπορικούς σκοπούς. (<http://www.pedthessalias.gr>)

4.2 Εφαρμογή μεθοδολογίας επεξεργασίας δεδομένων

Χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες τύπου κάλυψης γης MODIS (Σύντομο όνομα: MCD12Q1), με χωρική ανάλυση 500*500m. Τα επιχειρησιακά προϊόντα MODIS που χρησιμοποιήθηκαν καλύπτουν τρεις χρονολογίες 2001, 2012 και 2013. Οι εικόνες προέρχονται από τον ιστότοπο (<https://search.earthdata.nasa.gov>) της NASA (National Aeronautics and Space Administration), κρατικός Αμερικάνικος οργανισμός που ασχολείται με την εξερεύνηση του διαστήματος, την αεροναυτική και τη μελέτη του περιβάλλοντος της Γης (Εικόνα-4.3).



Εικόνα 4.3. Ο ταξινομημένος δορυφορικός χάρτης Modis για το έτος 2001 (Land_Cover_Type 1:MCD12Q1.A2001001.h19v05.051.2014287163508) όπως επιλέχθηκε από τον κατάλληλο ιστότοπο.

Στην παρούσα εργασία από τα αρχικά δεδομένα (MODIS Terra + Aqua Land Cover Type Yearly L3 Global 500 m SIN Grid) χρησιμοποιήθηκαν αυτά που δημιουργήθηκαν από το προϊόν Land Cover Type 1 το οποίο αναπτύχθηκε από το παγκόσμιο σύστημα ταξινόμησης International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). Το σύστημα αυτό ταξινόμησης προσδιορίζει 17 τάξεις κάλυψης γης (0-16) και περιλαμβάνει 11 τάξεις φυσικής βλάστησης, 3 τάξεις αναπτυγμένων εκτάσεων και 3 κατηγορίες γης χωρίς φυτοκάλυψη. Οι κατηγορίες έχουν αναφερθεί παραπάνω (<https://yceo.yale.edu>). Οι περιγραφές των κατηγοριών έχουν αναλυθεί στον (Πίνακα 2.8). Η συγκεκριμένη εργασία αφορά χρήσεις/κάλυψης γης των αγροτικών καλλιέργειών, όπως είναι οι παρακάτω κατηγορίες: κατηγορία 10 (Grasslands –

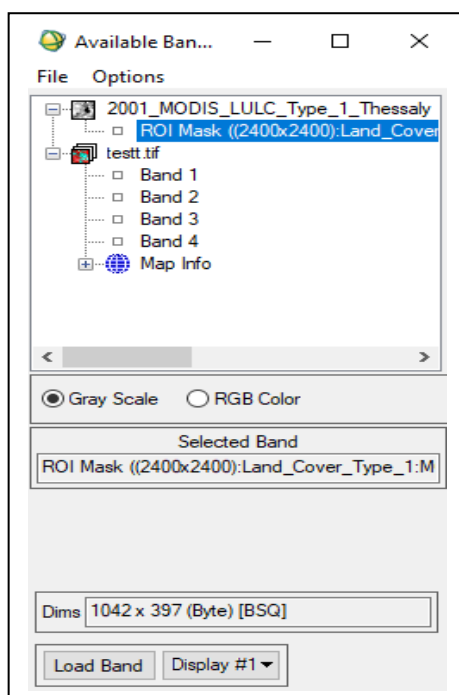
Λιβάδια), κατηγορία 12 (Cropland – Ετήσιες καλλιέργειες), και κατηγορία 14 (Cropland / Καλλιεργούμενες εκτάσεις με φυσική βλάστηση). Επομένως θα παρουσιαστούν οι αλλαγές χρήσεων/κάλυψης γης που έχουν πραγματοποιηθεί από το (2001-2012 & 2001-2013) στις 3 αυτές κατηγορίες.

4.2.1 Προεπεξεργασία των δεδομένων

4.2.1.1 Γεωμετρική διόρθωση

Με την βοήθεια του λογισμικού ENVI Classic 5.5 προβλήθηκαν οι νέες δορυφορικές εικόνες στο προβολικό σύστημα EGSA 87. Αυτό πραγματοποιήθηκε με μια εικόνα βάσης σε EGSA87 και θα παραμορφώσει με την επιλογή σημείων (Points) την νέα δορυφορική εικόνα MODIS που βασίζεται σε εικονοστοιχεία.

Από το κύριο μενού του ENVI, **File** → **Open image File** φέραμε την εικόνα βάσης (test), η οποία εμφανίζεται στη λίστα **Available Bands**, και φορτώθηκε ως εικόνα RGB (R→Band 1, G→Band 2, B→Band 3). Με τον ίδιο τρόπο προήλθε και την νέα δορυφορική εικόνα για το 2001 (MODIS_LULC_Type_1_Thessaly) (Εικόνα 4.4).

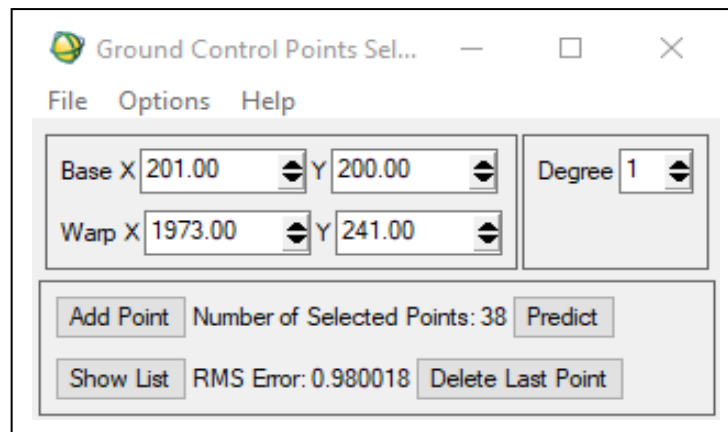


Εικόνα 4.4. Η λίστα Available Bands

Στην συνέχεια πάλι από το κύριο μενού ENVI επιλέχθηκε **Map** → **Registration** → **Select GCPs: Image to Image**. Στο πεδίο **Image Base**, επιλέχθηκε **Display # 1**

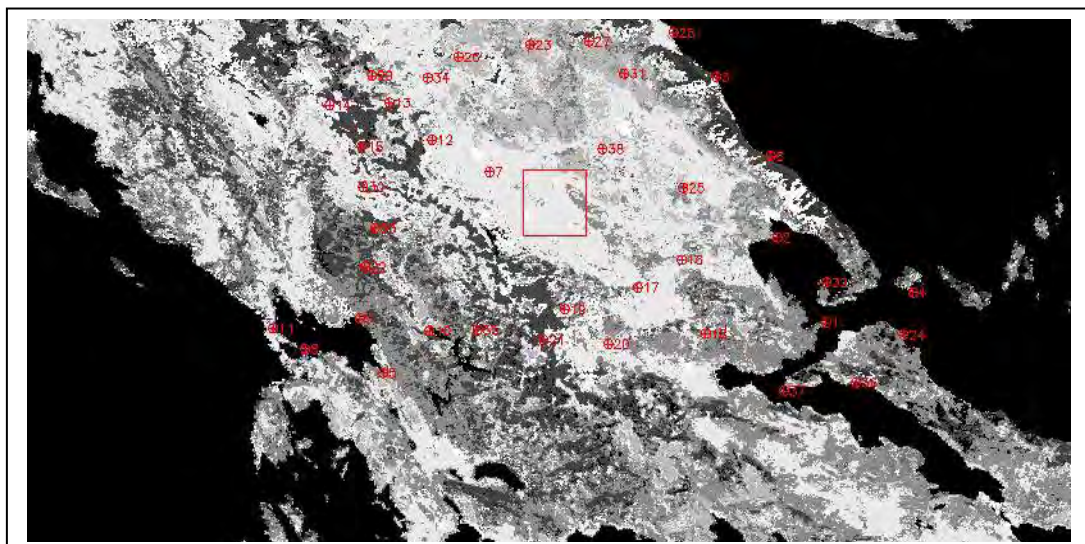
(εικόνα βάσης). Στο πεδίο **Warp Image**, επιλέχθηκε **Display # 2** (δορυφορική εικόνα).

Έτσι εμφανίζεται η επιλογή **Ground Control Points Selection (GCPs)** από την οποία επιλέγονται εμφανή, διάσπαρτα σημεία στην εικόνα βάσης και τα αντίστοιχα στον δορυφορικό χάρτη αναφοράς. Έπειτα, γίνεται μετασχηματισμός της εικόνας ώστε τα σημεία που επιλέχθηκαν σε αυτή να μετατραπούν σε γνωστές συντεταγμένες εδάφους με το ελάχιστο δυνατό σφάλμα RMS (>1) (Εικόνα-4.5).



Εικόνα 4.5. Η επιλογή GCPs (Ground Control Points Selection)

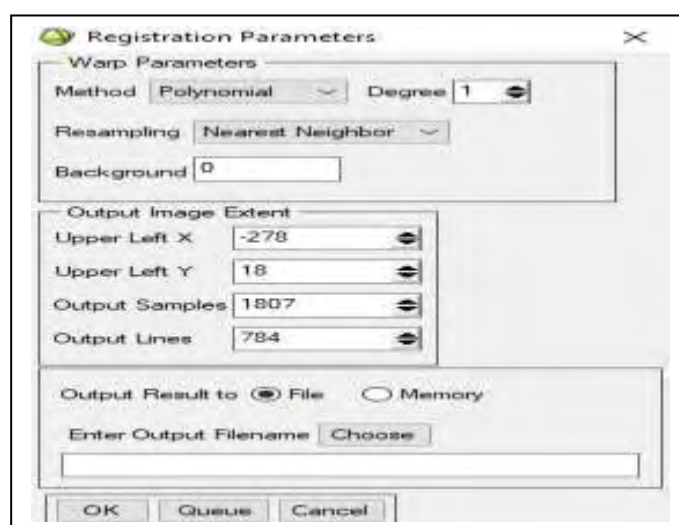
Στην συγκεκριμένη περίπτωση με την επιλογή **Add Point** πάρθηκαν 38 διάσπαρτα σημεία GCPs για την γεωμετρική διόρθωση της νέας εικόνας (Εικόνα-4.6).



Εικόνα 4.6. Τα 38 σημεία GCPs για την παραμόρφωση της εικόνας

Τα 38 σημεία GCPs που πάρθηκαν για την πρώτη εικόνα, χρησιμοποιήθηκαν και στις υπόλοιπες δορυφορικές εικόνες, ώστε και οι χάρτες να έχουν την ίδια γεωμετρική διόρθωση.

Από το **Ground Control Points Selection** επιλέχθηκε **Options** → **Warp** και εμφανίστηκε η **Registration Parameters**. Από την αναπτυσσόμενη λίστα των μεθόδων επιλέχθηκε η μέθοδος **Polynomial** (δίνει τις λιγότερες παραμορφώσεις στην τελική εικόνα) και αποθηκεύτηκε η νέα δορυφορική εικόνα σε προβολικό σύστημα EGSA87 (Εικόνα-4.7)

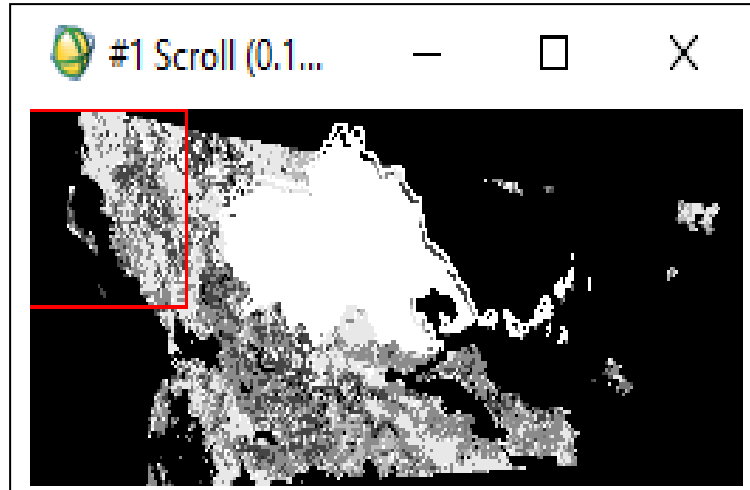


Εικόνα 4.7. Η επιλογή της μεθόδου Polynomial

4.2.1.2 Αποκοπή εικόνας

Για την νέα δορυφορική εικόνα δημιουργήθηκε μια «μάσκα» της Περιφέρειας Θεσσαλίας με το διανυσματικό αρχείο (shp) της περιοχής. Ύστερα έγινε αποκοπή της μάσκας, ώστε να δημιουργηθούν οι εικόνες στα όρια της Θεσσαλίας.

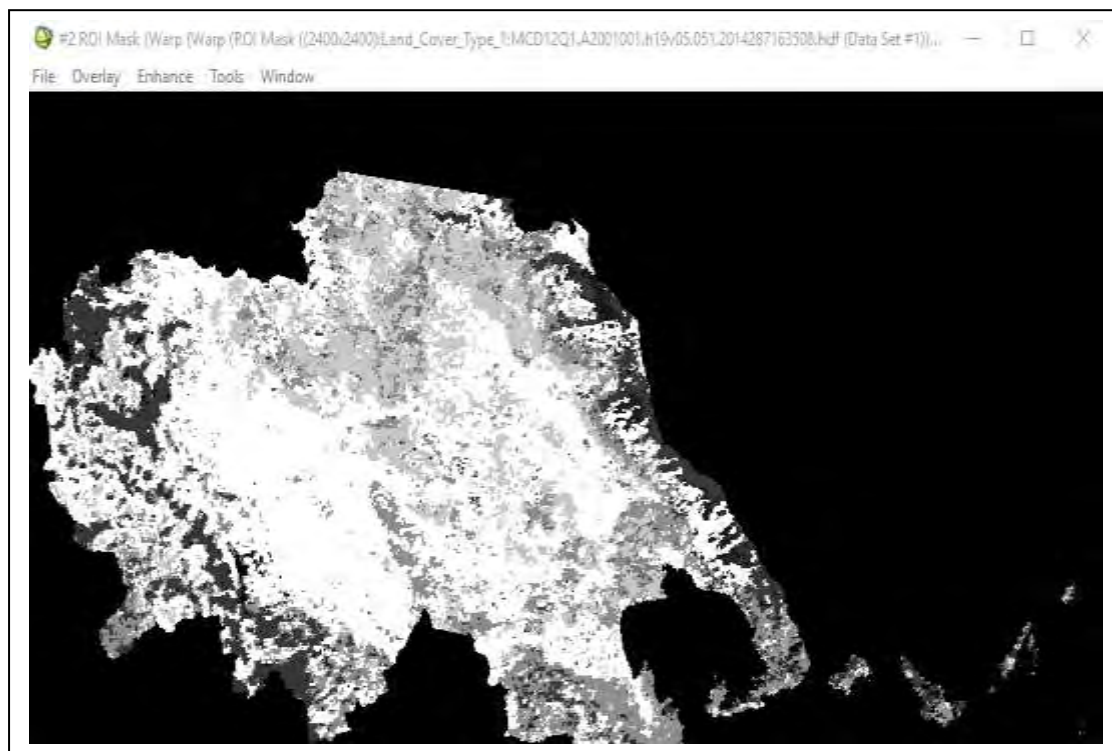
Έτσι από την επιλογή **File** → **Open Image File** εισήχθη η νέα δορυφορική εικόνα και από το **Overlay** → **Vectors** → **File** → **Open Vector File** χρησιμοποιήθηκε το shp αρχείο για να κόψουμε την αντίστοιχη περιοχή. Από το **File** → **Export Active to ROIs** (regions of interest) επιλέχθηκε το **Covert all records of an EVF Layer to one ROI**. Από το **Overlay** → **Region of interest** επιλέχθηκε η περιοχή που θέλαμε (Εικόνα-4.8)



Εικόνα 4.8. Η ευρύτερη περιοχή της Περιφέρειας Θεσσαλίας πριν την αποκοπή

Από την επιλογή **ROI Tool** και από το **File → Subset Data via ROIs**, επιλέχθηκε η εικόνα που θέλουμε να κάνουμε αποκοπή.

Εν συνεχεία απ' το Choose στο Mask pixels outside of ROI βάλαμε Yes και δημιουργήθηκε η περιοχή της περιφέρειας Θεσσαλίας που θα χρησιμοποιηθεί στην εργασία (Εικόνα-4.9).



Εικόνα 4.9. Η αποκομμένη περιοχή της Περιφέρειας Θεσσαλίας από την υπόλοιπη δορυφορική εικόνα

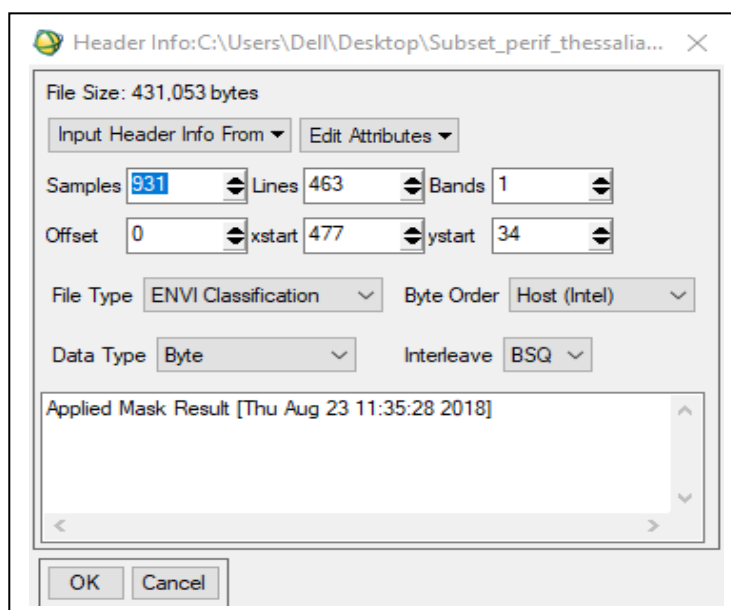
4.2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού αλλαγών χρήσεων γης- κάλυψης γης από MODIS

4.2.2.1 Προεπεξεργασία των Ταξινομημένων εικόνων

Για το υπολογισμό των αλλαγών χρήσεων/ κάλυψης γης των δορυφορικών εικόνων MODIS χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων ENVI 5.5.

Αρχικά ο νέος πλέον δορυφορικός χάρτης που περιέχει μόνο την περιοχή που μας ενδιαφέρει ταξινομήθηκε (Classification) με τις 17 ταξινομημένες ήδη κατηγορίες κάλυψης γης του συστήματος ταξινόμησης IGBP.

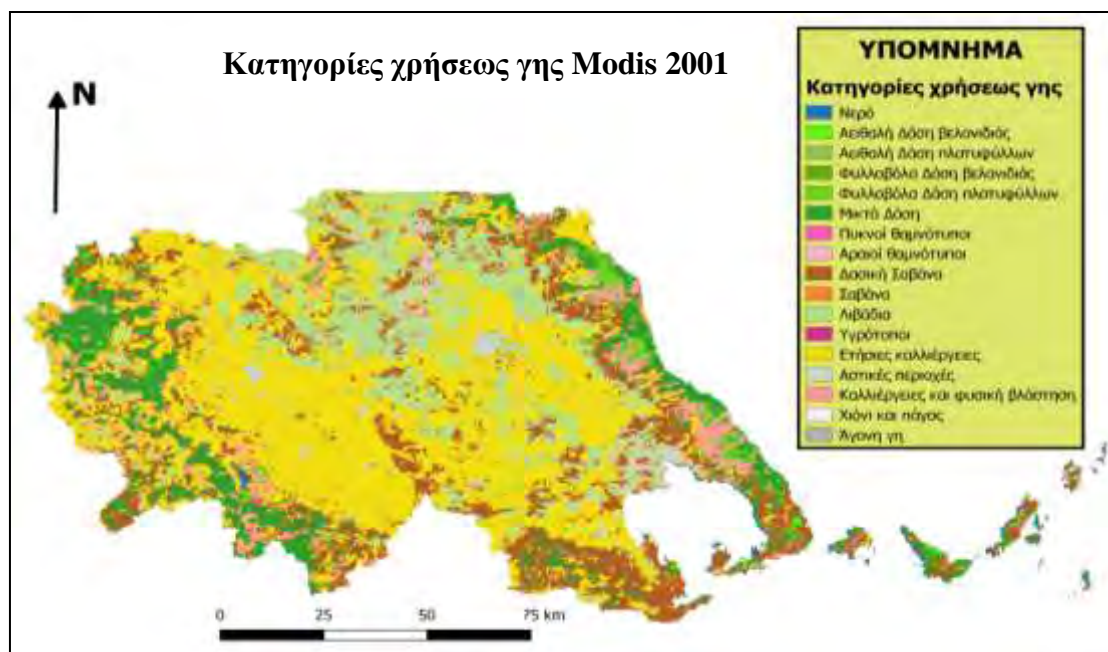
Έτσι από το ENVI Classic 5.5 και το File → Open Image στην αρχική μορφή της εικόνας για το 2001, επιλέχθηκε από το Endit Header το ENVI Classification (Εικόνα-4.10).



Εικόνα 4.10. Η επιλογή ENVI Classification στο Endit Header

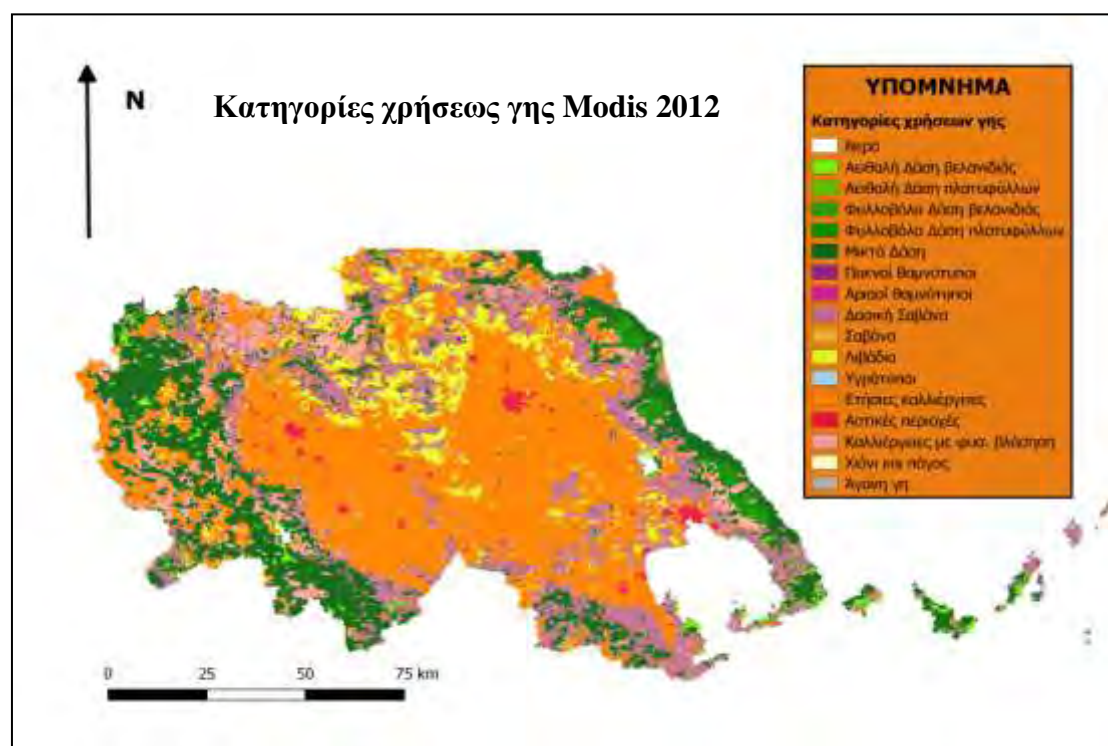
Έτσι τοποθετήθηκαν οι 17 κλάσεις που τόσος είναι ο αριθμός των κατηγοριών χρήσεων/ κάλυψης γης που θέλουμε για την ταξινόμηση (Εικόνα 4.10. Από την παραπάνω επεξεργασία των επιχειρησιακών προϊόντων MODIS προέκυψαν οι δορυφορικοί χάρτες για τις χρονολογίες 2001,2012,2013 όπως φαίνονται αντίστοιχα στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 4.11,4.12,4.13).

Έτσι στην (Εικόνα 4.11) προέκυψε ο ταξινομημένος χάρτης MODIS για το 2001.



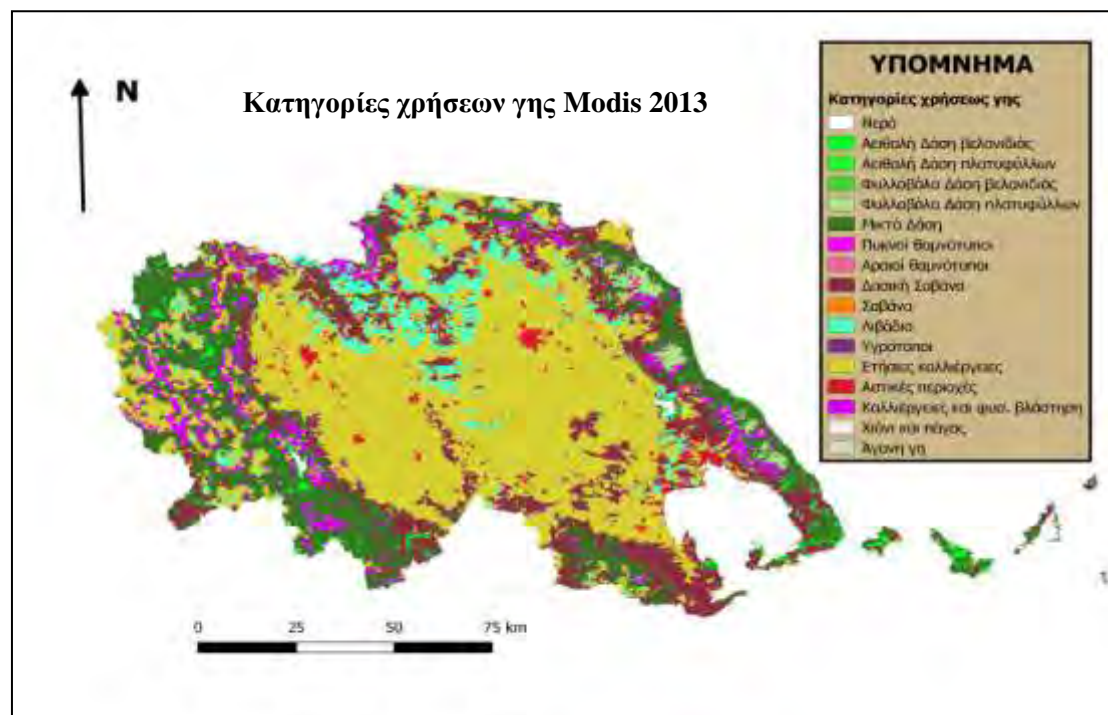
Εικόνα 4.11. Το επιχειρησιακό προϊόν LULC MODIS της Περιφέρειας Θεσσαλίας το 2001

Στην (Εικόνα 4.12) φαίνεται ο ταξινομημένος χάρτης MODIS της Περιφέρειας Θεσσαλίας για το 2012.



Εικόνα 4.12. Το επιχειρησιακό προϊόν LULC MODIS της Περιφέρειας Θεσσαλίας το 2012

Ενώ στην (Εικόνα 4.13) παρουσιάζεται ο ταξινομημένος χάρτης MODIS για το έτος 2013.



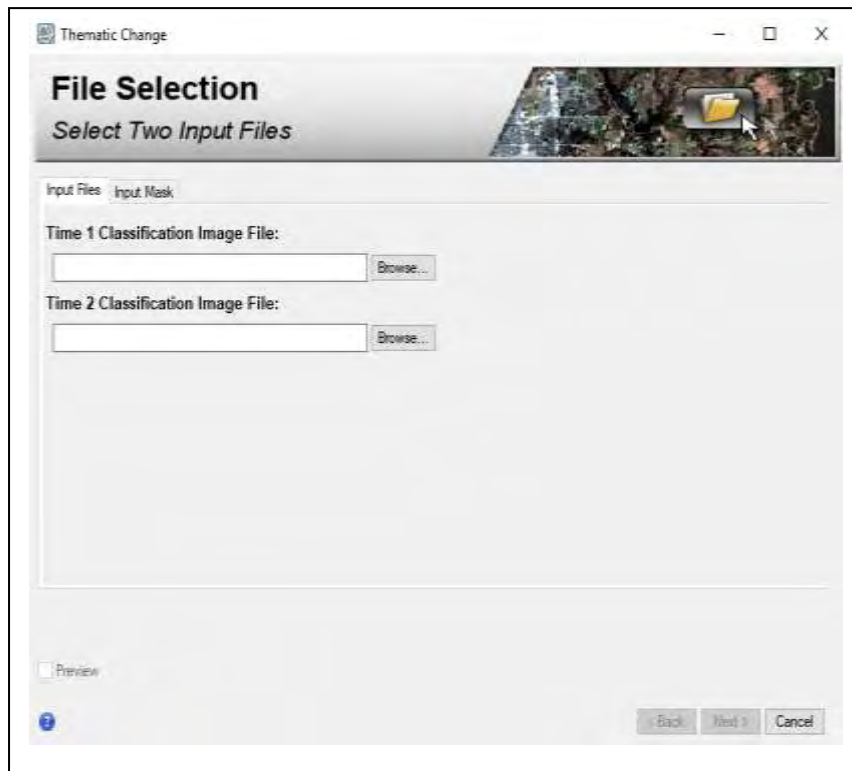
Εικόνα 4.12. Το επιχειρησιακό προϊόν LULC MODIS της Περιφέρειας Θεσσαλίας το 2013

4.2.2.2 Διαχρονική ανάλυση χρήσεων/καλύψεων γης

Η ανίχνευση αλλαγών χρήσεων γης έγινε με τη σύγκριση των ταξινομημένων αυτών εικόνων, με την μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε από **ENVI 5.5** η επιλογή **Change Detection → Thematic Change Workflow**.

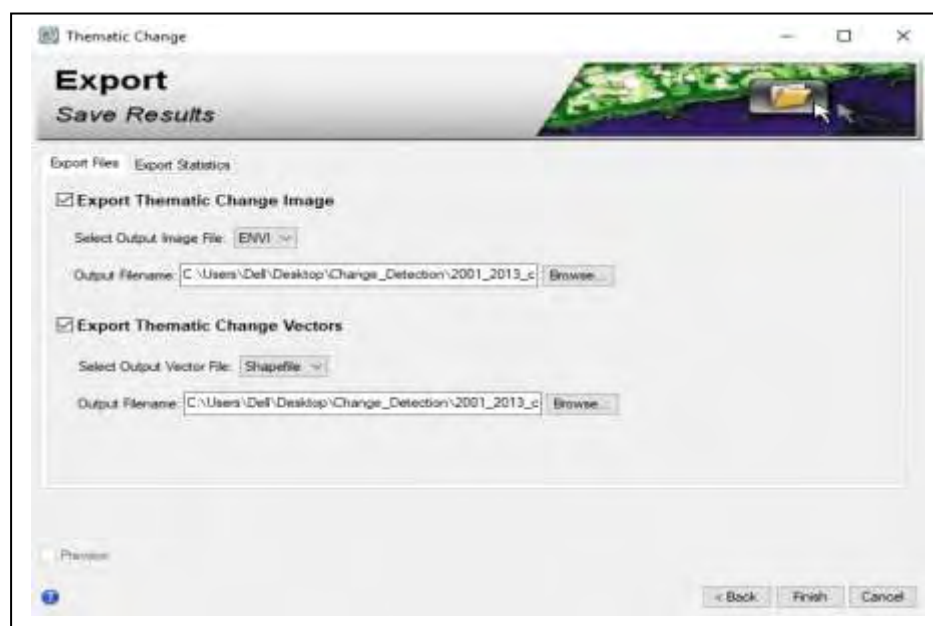
Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή έγινε ποιοτική και ποσοτική σύγκριση των ταξινομημένων εικόνων που παρήχθησαν με τη χρήση του ίδιου σχήματος και μεθοδολογίας ταξινόμησης. Η σύγκριση γίνεται μεταξύ των ταξινομημένων εικόνων εντοπίζοντας τις μεταβολές των ορίων των αντίστοιχων τάξεων. Οι δύο ταξινομημένες εικόνες συγκρίνονται σε επίπεδο εικονοστοιχείου για την δημιουργία μιας νέας εικόνας η οποία δείχνει τις διαφορετικές θεματικές ομάδες στις δύο ταξινομημένες εικόνες. Η επιτυχία της μεθόδου αυτής εξαρτάται από την ακρίβεια της ταξινόμησης.

Έτσι, χρησιμοποιήθηκαν δύο ζεύγη χρονολογιών για τον εντοπισμό των αλλαγών χρήσεων γης: 2001-2012 & 2001-2013 (Εικόνα 4.14).



Εικόνα 4.14. Διαχρονική επεξεργασία θεματικών χαρτών διαφορετικών χρονολογιών

Ως επόμενο βήμα προέκυψε χάρτης όπου εμφανίζονται οι συνδυασμοί αλλαγών χρήσεων γης μεταξύ των δύο εικόνων, το vector (διανυσματικό) αρχείο τους καθώς και τα ποσοστά των αλλαγών μεταξύ τους (Εικόνα 4.15).



Εικόνα 4.15. Ο αποθηκευμένος χάρτης ανίχνευσης αλλαγών χρήσεων γης, το vector αρχείο και τα στατιστικά αποτελέσματά τους

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Χαρτογράφηση Αλλαγών χρήσεων/ κάλυψης γης από MODIS 2001-2012

Η συνολική έκταση χρήσεων γης που καταλαμβάνει η Περιφέρεια Θεσσαλίας είναι περίπου 1.337.400 ha. Η έκταση που άλλαξε κατηγορία (αυτές που μας ενδιαφέρουν), για τις δύο χρονολογίες (2001 και 2012), εκτιμήθηκε κατά προσέγγιση σε 254.975 ha και ως ποσοστό 19,06%. Ο πίνακας διαχρονικών αλλαγών 2001-2013 παρουσιάζεται στο (Παράτημα 3).

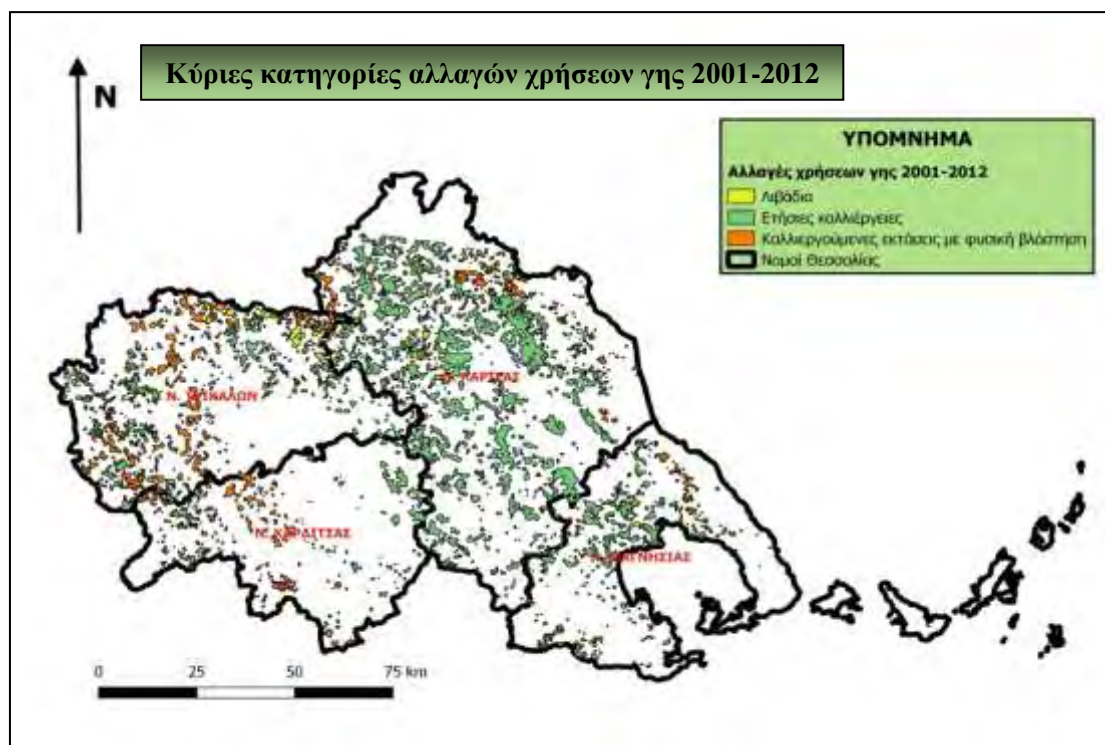
Έτσι από το Change Detection του ENVI 5.5 τα στατιστικά αποτελέσματα αλλαγών χρήσεων για τις δύο χρονολογίες 2001 και 2012 που προέκυψαν, φαίνονται στον παρακάτω (Πίνακα 5.1). Οι στήλες δείχνουν τις χρήσεις γης του 2001 και οι γραμμές του 2012. Διαγώνια τα χρωματισμένα πλαίσια επισημαίνουν ότι η συγκεκριμένη έκταση κάθε κατηγορίας δεν έχει μεταβληθεί για τις δύο χρονολογίες.

Πίνακας 5.1. Τα ποσοτικά αποτελέσματα αλλαγών χρήσεων γης μεταξύ των χρονολογιών 2001 και 2012 (τιμές σε εκτάρια)

	Αρχικό στάδιο Modis (2001) (ha)																
Τελικό στάδιο Modis (2012) (ha)	Νερό	Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς	Αειθαλή δάση Πλατύφυλλων	Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς	Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	Μικτά Δάση	Πυκνοί θαμνότυποι	Αραιοί θαμνότυποι	Δασική Σαβάνα	Σαβάν α	Λιβάδι α	Υγρότοποι	Ετήσιες καλλιέργει ες	Αστικές περιοχές	Καλλιέργειες και φυς. βλάστηση	Άγρον γη	ΣΥΝΟΛΟ :
Νερό	3.400	50	0	0	0	750	150	200	750	75	550	275	1.075	0	25	25	7.325
Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς	175	1.925	0	0	75	6.500	300	0	7.975	400	300	125	1.725	0	675	0	20.175
Αειθαλή δάση πλατύφυλλων	0	0	0	0	0	25	0	0	50	0	0	0	25	0	0	0	100
Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς	0	0	0	0	0	50	0	0	25	0	25	0	150	0	0	0	2.030
Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	0	25	0	50	8.975	3.850	0	0	575	50	100	0	575	0	6.100	0	20.300
Μικτά Δάση	525	4.150	0	150	8.450	108.075	550	175	63.200	2.825	6.625	200	41.300	50	26.125	0	262.400
Πυκνοί Θαμνότυποι	250	0	0	0	0	300	0	125	1.100	150	600	50	425	75	25	0	3.100
Αραιοί Θαμνότυποι	0	0	0	0	0	25	0	600	275	0	975	0	275	150	25	0	2.325
Δασική Σαβάνα	450	825	25	50	1.450	17.450	575	3.325	101.375	9.300	36.150	175	57.350	225	6.325	0	235.050

Σαβάνα	0	0	0	0	0	125	50	1.075	1.900	350	4.825	0	250	0	75	0	10.900
Λιβάδια	0	0	0	0	0	275	25	5.600	3.825	825	64.850	0	16.975	275	475	0	93.125
Υγρότοποι	625	0	0	75	25	775	150	75	1.025	100	250	200	400	50	300	0	4.050
Ετήσιες καλλιέργειες	0	75	0	0	300	4.025	75	3.275	31.425	1.800	100.250	0	415.375	2.675	7.375	0	566.650
Αστικές περιοχές	50	0	0	0	0	0	0	100	125	50	1.450	50	2.575	10.725	50	0	13.175
Καλλιέργειες και φυσική βλάστηση	0	0	0		2.725	3.325	50	175	11.625	650	9.025	0	48.400	0	20.725	0	96.150
Αγρονη γη	25	0	0	0	0	25	0	0	50	25	50	0	150	25	0	0	325
ΣΥΝΟΛΟ:	5.475	7.075	25	325	21.450	145.575	1.925	14.725	225.300	16.600	226.025	1.075	589.275	14.275	68.300	25	1.337.400

Στον παρακάτω θεματικό χάρτη (Εικόνα-5.1) φαίνονται οι αλλαγές που έχουν δημιουργηθεί το 2012 σε σχέση με το 2001, με τις 3 κατηγορίες (λιβάδια, ετήσιες καλλιέργειες και καλλιεργούμενες εκτάσεις με φυσική βλάστηση), που μας ενδιαφέρουν στην εργασία.



Εικόνα 5.1. Οι κύριες κατηγορίες αλλαγής χρήσεων γης που έχουν σχηματιστεί από το 2001 στο 2012.

Στον παρακάτω (πίνακα 5.2) φαίνονται από ποιες κατηγορίες του 2001 προήλθαν τα λιβάδια του 2012 καθώς και του 2013:

Πίνακας 5.2. Εκτάσεις κατηγοριών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε **λιβάδια** το 2012 και 2013 όπως αυτές προέκυψαν για την περιοχή της Θεσσαλίας από την ανάλυση του επιχειρησιακού προϊόντος LULC MODIS

Κατηγορίες	Ποσοστό (%) των αλλαγών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε λιβάδια μεταξύ των δύο χρονολογιών 2001 και 2013	Ποσοστό (%) των αλλαγών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε λιβάδια μεταξύ των δύο χρονολογιών 2001 και 2012	Έκταση (ha) κατηγορίας λιβάδια για το έτος 2012	Έκταση (ha) κατηγορίας λιβάδια για το έτος 2013
Νερό	0	0	0	0

Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς	0	0	0	0
Αειθαλή Δάση Πλατύφυλλων	0	0	0	0
Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς	0	0	0	0
Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	0	0	0	0
Μικτά Δάση	0,20	0,30	275	175
Πυκνοί Θαμνότοποι	0,06	0,03	25	50
Αραιοί Θαμνότοποι	5,53	6,01	5.600	4.925
Δασική Σαβάννα	3,17	4,11	3.825	2.825
Σαβάννα	0,53	0,89	825	475
Λιβάδια	70,28	69,64	64.850	62.625
Υγρότοποι	0	0	0	0
Ετήσιες καλλιέργειες	19,64	18,23	16.975	17.500
Αστικές περιοχές	0,11	0,30	275	100
Καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	4,77	4,56	4750	4.250
Χιόνι και πάγος	0	0	0	0
Άγονη γη	0	0	0	0

Επίσης στον (Πίνακα 5.3) φαίνονται από ποιες κατηγορίες του 2001 προήλθαν οι ετήσιες καλλιέργειες του 2012 καθώς και του 2013.

Πίνακας 5.3. Εκτάσεις κατηγοριών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε ετήσιες καλλιέργειες το 2012 και το 2013, όπως αυτές προέκυψαν για την περιοχή της Θεσσαλίας από την ανάλυση του επιχειρησιακού προϊόντος LULC MODIS

Κατηγορίες	Ποσοστό (%) των αλλαγών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε ετήσιες καλλιέργειες μεταξύ των δύο χρονολογιών 2001 και 2013	Ποσοστό (%) των αλλαγών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε ετήσιες καλλιέργειες μεταξύ των δύο χρονολογιών 2001 και 2012	Έκταση (ha) κατηγορίας ετήσιες καλλιέργειες για το έτος 2012	Έκταση (ha) κατηγορίας ετήσιες καλλιέργειες για το έτος 2013
------------	---	---	--	--

Νερό	0	0	0	0
Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς	0	0,01	75	25
Αειθαλή Δάση Πλατύφυλλων	0	0	0	0
Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς	0	0	0	0
Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	0,45	0,05	300	2.750
Μικτά Δάση	0,70	0,71	4.025	4.250
Πυκνοί Θαμνότοποι	0,01	0,01	75	75
Αραιοί Θαμνότοποι	0,71	0,58	3.275	4.300
Δασική Σαβάνα	5,72	5,55	31.425	34.650
Σαβάνα	0,47	0,32	1.800	2.875
Λιβάδια	18,95	17,69	100.250	114.850
Υγρότοποι	0	0	0	0
Ετήσιες καλλιέργειες	71,51	73,30	415.375	433.350
Αστικές περιοχές	0,41	0,47	2.675	2.500
Καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	1,46	1,30	7.375	8.825
Χιόνι και πάγος	0	0	0	0
Άγονη γη	0	0	0	0

Ενώ στον (Πίνακα 5.4) φαίνονται από ποιες κατηγορίες του 2001 προήλθαν οι καλλιέργειες με φυσική βλάστηση του 2012 καθώς και του 2013.

Πίνακας 5.4. Εκτάσεις κατηγοριών που μετατράπηκαν σε καλλιέργειες με φυσική βλάστηση το 2012 και του 2013, όπως αυτές προέκυψαν για την περιοχή της Θεσσαλίας από την ανάλυση του επιχειρησιακού προϊόντος LULC MODIS

Κατηγορίες	Ποσοστό (%) των αλλαγών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	Ποσοστό (%) των αλλαγών χρήσεων γης που μετατράπηκαν σε καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	Έκταση (ha) κατηγορίας καλλιέργειες με φυσική βλάστηση για το έτος 2012	Έκταση (ha) κατηγορίας καλλιέργειες με φυσική βλάστηση για το έτος 2013
-------------------	--	--	--	--

	μεταξύ των δύο χρονολογιών 2001 και 2013	μεταξύ των δύο χρονολογιών 2001 και 2012		
Νερό	0	0	0	0
Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς	0,09	0	0	75
Αειθαλή Δάση Πλατύφυλλων	0,03	0	0	0
Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς	0,029	0	0	25
Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	2,04	2,26	2.175	1.725
Μικτά Δάση	3,64	3,46	3.325	3.075
Πυκνοί Θαμνότοποι	0	0,05	50	0
Αραιοί Θαμνότοποι	0,06	0,18	175	50
Δασική Σαβάννα	14,73	12,09	11.625	12.450
Σαβάννα	0,47	0,68	650	400
Λιβάδια	7,28	9,39	9.025	6.150
Υγρότοποι	0	0	0	0
Ετήσιες καλλιέργειες	45,76	50,34	48.400	38.675
Αστικές περιοχές	0	0	0	0
Καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	25,91	21,55	20.725	21.900
Χιόνι και πάγος	0	0	0	0
Άγονη γη	0	0	0	0

Στον (Πίνακα 5.5) παρατηρούμε τη μεταβολή των κατηγοριών που μας ενδιαφέρουν για τις δύο χρονολογίες 2001 και 2012 καθώς και του 2013 (Πίνακας-11).

Πίνακας 5.5. Διαχρονική μεταβολή των τριών κατηγοριών στις χρονολογίες 2001-2012-2013

Κατηγορίες	Συνολική έκταση(ha) MODIS 2001	Συνολική έκταση(ha) MODIS 2012	Μεταβολή 2001-2012 (%)	Συνολική έκταση(ha) MODIS 2013	Μεταβολή 2001-2013 (%)
-------------------	---	---	---------------------------------------	---	---------------------------------------

Λιβάδια	226.025	93.125	-58,80	89.100	- 60,57
Ετήσιες καλλιέργειες	589.275	566.650	-0,04	605.975	2,83
Καλλιέργειες και φυσική βλάστηση	68.300	96.150	40,98	84.525	23,93

Από τον παραπάνω πίνακα ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η κατηγορία λιβάδια όπου παρατηρήθηκε μείωση χρήσεως γης της τάξεως 58,80% για το 2012. Παρόμοια μεταβολή (-60,57%) παρατηρείται και για το έτος 2013.

Στον παρακάτω (Πίνακα 5.6) αναλύεται η κάλυψη λιβάδια το 2001 στο είδος και ποσοστό των κατηγοριών των καλύψεων γης που μετατράπηκαν το 2012.

Πίνακας 5.6. Το ποσοστό των κατηγοριών που οφείλεται αυτή η μείωση της αλλαγής χρήσεως γης στα λιβάδια.

Από Λιβάδια σε:	(%)
Ετήσιες καλλιέργειες	62,20
Καλλιέργειες και φυσική βλάστηση	5,60
Δασική Σαβάνα	22,43

Έτσι παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό 62,20% μετατράπηκε σε ετήσιες καλλιέργειες, 22,43% σε Δασική σαβάνα, 4,49% σε καλλιέργειες με φυσική βλάστηση και το υπόλοιπο στις υπόλοιπες κατηγορίες. Παρ' ότι την μεγάλη αύξηση που είχαμε από λιβάδια σε ετήσιες καλλιέργειες, συνολικά διαπιστώνουμε ότι για τις δύο χρονολογίες είχαμε την ίδια περίπου έκταση στην κατηγορία αυτή. Το 2001 είχαμε 589.275 ha ετήσιες καλλιέργειες και το 2012 η έκταση έφτασε στα 566.650 ha. Αυτό σημαίνει ότι ναι μεν υπήρξε αλλαγή χρήσεων γης από λιβάδια σε ετήσιες καλλιέργειες το 2012 αλλά και συγχρόνως και αρκετή έκταση από τις ετήσιες καλλιέργειες μετατοπίστηκε προς άλλες κατηγορίες, όπως για παράδειγμα τα 48.400 ha που μετατράπηκαν σε καλλιέργειες με φυσική βλάστηση.

Επίσης παρατηρήθηκε αύξηση των καλλιεργειών με φυσική βλάστηση σε ποσοστό 40,98% το 2012 σε σχέση με το 2001. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της αλλαγής χρήσεων γης οφείλεται από τις ετήσιες καλλιέργειες, όπου μετατράπηκαν σε ποσοστό 64,17% σε καλλιέργειες με φυσική βλάστηση.

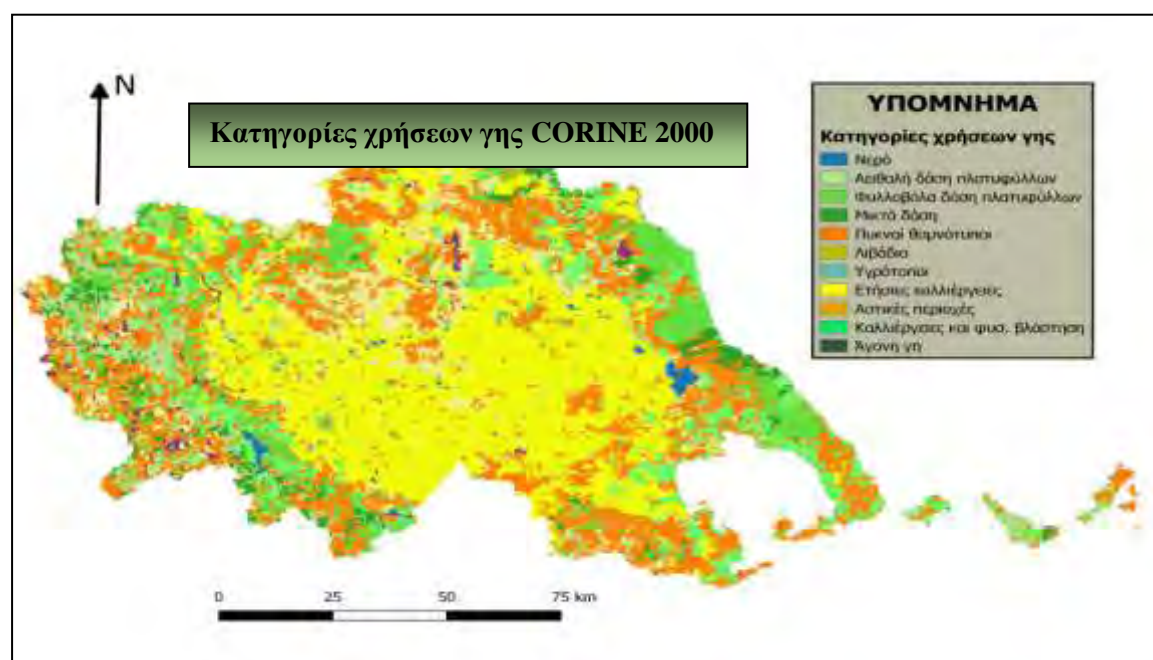
5.2 Υπολογισμός διαχρονικών αλλαγών χρήσεων γης CORINE 2000-2012

Για να ελεγχθεί η διαχρονική αλλαγή των προϊόντων MODIS 2001 και 2013 χρησιμοποιήθηκαν οι θεματικοί χάρτες, σε παραπλήσιες χρονολογίες, CORINE 2000 και 2012.

Έγινε επεξεργασία δεδομένων CORINE (με την βοήθεια λογισμικού Γ.Σ.Π., Arcgis) η οποία περιλάμβανε τα ακόλουθα βήματα:

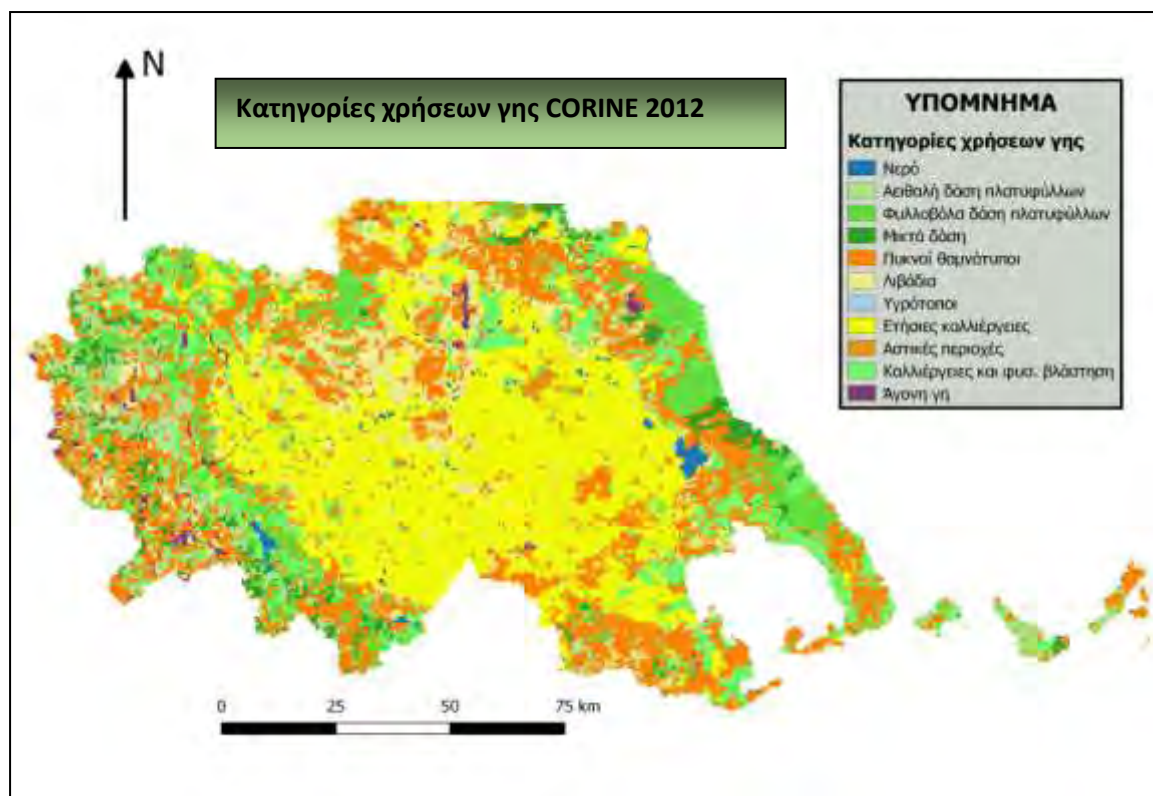
- 1) Μετασχηματισμός του pixel size σε ανάλυση 500*500m. Επειδή το pixel size του CORINE 2000 και του CORINE 2012 είναι στα 100m και στα 300m αντίστοιχα, το μετατρέπουμε στα 500m, για να είναι το ίδιο με το MODIS
- 2) Πραγματοποιήθηκε αποκοπή (subset) στις δύο εικόνες CORINE στα όρια των εικόνων MODIS χρησιμοποιώντας ως μάσκα τους χάρτες των MODIS και έτσι δημιουργήθηκαν δυο νέα αρχεία CORINE.
- 3) Έγινε επαναταξινόμηση των χρήσεων καλύψεων γης από τις 44 κατηγορίες (Τρίτο επίπεδο) CORINE σε 17 κατηγορίες MODIS. Αναλυτικά οι νέες κατηγορίες CORINE με βάση τις κατηγορίες MODIS που υπάρχουν στη Θεσσαλία, παρουσιάζονται στο (Παράρτημα 4).

Στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 5.2) φαίνεται η επαναταξινόμηση των κατηγοριών CORINE 2000 σε σχέση με τις κατηγορίες MODIS.



Εικόνα 5.2. Οι νέες κατηγορίες χρήσεως γης του CORINE 2000 μετά από την επαναταξινόμηση με βάση τις κατηγορίες του MODIS

Το ίδιο ισχύει και για το CORINE 2012, όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 5.3), όπου έχει γίνει επαναταξινόμηση των κατηγοριών του, με βάση τις κατηγορίες του MODIS.



Εικόνα 5.3. Οι νέες κατηγορίες χρήσεως γης του CORINE 2012 μετά από την επαναταξινόμηση, με βάση τις κατηγορίες του MODIS

Σε αυτό το πλαίσιο οι δύο θεματικοί χάρτες CORINE 2000 και 2012 χρησιμοποιήθηκαν για τον εντοπισμό των διαχρονικών αλλαγών.

Γίνεται Change Detection στους δύο χάρτες CORINE και προκύπτει ο παρακάτω πίνακας. Και εδώ οι γραμμές δείχνουν τις χρήσεις γης του CORINE 2012 και στις στήλες τις χρήσεις γης του CORINE 2000 (Πίνακας 5.7)

Πίνακας 5.7. Οι αλλαγές χρήσεων γης μεταξύ CORINE 2000 και CORINE 2012, μετά την επαναταξινόμηση των κατηγοριών

	Αρχικό στάδιο CORINE 2000 (ha)											
Τελικό στάδιο CORINE 2012 (Ha)	Νερό	Αειθαλή Δάση Πλατύφυλλων	Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	Μικτά Δάση	Πυκνοί Θαμνότυποι	Λιβάδια	Υγρότοποι	Ετήσιες καλλιέργειες	Αστικές περιοχές	Καλλιέργειες με φυς. βλάστηση	Αγρονη γη	ΣΥΝΟΛΟ:
Νερό	6.175	175	525	75	625	375	75	2.200	225	500	25	10.975
Αειθαλή Δάση Πλατύφυλλων	100	43.825	1.875	3.625	12.975	1.300	0	75	200	3.150	350	67.475
Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	125	2.150	83.875	2.175	13.400	3.000	0	1.450	300	6.725	175	113.375
Μικτά Δάση	100	3.375	2.950	28.350	6.400	625	0	150	75	1.775	75	43.875
Πυκνοί Θαμνότυποι	5.750	11.750	13.950	6.525	252.450	22.800	100	9.650	925	17.400	2.875	339.000
Λιβάδια	1.500	1.650	2.450	900	21.600	85.900	100	11.300	1.825	4.150	1.500	131.525
Υγρότοποι	25	0	0	0	25	25	925	450	50	50	75	1.625
Ετήσιες καλλιέργειες	1.000	275	1.675	350	11.150	10.850	275	385.175	6.475	8.400	1.225	426.850
Αστικές περιοχές	2.750	175	325	125	1.175	1.550	50	6.750	19.775	3.275	250	33.725
Καλλιέργειες και φυσική βλάστηση	950	2.500	6.925	1.725	17.550	3.475	50	8.525	3.600	102.325	775	148.400
Αγρονη γη	50	375	300	150	2.875	1.450	50	1.225	100	500	7.875	14.950
ΣΥΝΟΛΟ:	9.525	66.250	114.850	44.000	340.225	131.350	1.625	426.950	33.550	148.250	15.200	1.331.775

Στον παρακάτω (Πίνακα 5.8) αποτυπώνονται οι κατηγορίες των χρήσεων/καλύψεων γης του 2000 που μετατράπηκαν σε λιβάδια το 2012:

Πίνακας 5.8. Οι κατηγορίες από το CORINE 2000 που μετατράπηκαν σε λιβάδια στο CORINE 2012.

Κατηγορίες	Ποσοστό (%) κατηγοριών λιβάδια που ήταν στο CORINE 2000 και έγιναν στο CORINE 2012	Συνολική έκταση (ha) κατηγορίας λιβάδια από CORINE 2012
Νερό	0,114	150
Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς	0	0
Αειθαλή Δάση Πλατύφυλλων	1,254	1.650
Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς	0	0
Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	1,862	2.450
Μικτά Δάση	0,684	900
Πυκνοί Θαμνότοποι	16,422	21.600
Αραιοί Θαμνότοποι	0	0
Δασική Σαβάνα	0	0
Σαβάνα	0	0
Λιβάδια	65,31	85.900
Υγρότοποι	0,076	100
Ετήσιες καλλιέργειες	8,591	11.300
Αστικές περιοχές	1,387	1.825
Καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	3,155	4.150
Χιόνι και πάγος	0	0
Άγονη γη	1,140	1.500

Παρατηρήθηκε ότι σε ποσοστό (65,31%), η κατηγορία λιβάδια, παρέμεινε η ίδια και το 2012, ενώ αλλαγή χρήση γης εμφάνισαν τα 21.600 ha, σε ποσοστό 16,42% των πυκνών θαμνοτύπων που μετατράπηκαν σε λιβάδια το 2012.

Επίσης στον παρακάτω (Πίνακα 5.9) αποτυπώνονται οι κατηγορίες των καλύψεων γης του 2001 που μετατράπηκαν σε ετήσιες καλλιέργειες το 2012:

Πίνακας 5.9. Οι κατηγορίες από το CORINE 2000 που μετατράπηκαν σε ετήσιες καλλιέργειες στο CORINE 2012.

Κατηγορίες	Ποσοστό (%) κατηγοριών ετήσιες	Συνολική έκταση (ha) κατηγορίας ετήσιες καλλιέργειες από
------------	--------------------------------------	--

	καλλιέργειες που ήτανε στο CORINE 2000 και έγιναν στο CORINE 2012	CORINE 2012
Νερό	0,234	1.000
Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς	0	0
Αειθαλή Δάση Πλατύφυλλων	0,644	2.750
Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς	0	0
Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	0,392	1.675
Μικτά Δάση	0,081	350
Πυκνοί Θαμνότοποι	2,612	11.150
Αραιοί Θαμνότοποι	0	0
Δασική Σαβάνα	0	0
Σαβάνα	0	0
Λιβάδια	2,54	10.850
Υγρότοποι	0,064	275
Ετήσιες καλλιέργειες	90,236	385.175
Αστικές περιοχές	1,516	6.475
Καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	1,967	8.400
Χιόνι και πάγος	0	0
Άγονη γη	0,286	1.225

Στην περίπτωση αυτή σε ποσοστό περίπου 90%, οι ετήσιες καλλιέργειες που ήτανε το 2000, παρέμειναν και το 2012.

Επιπλέον στον παρακάτω (Πίνακα 5.10) αποτυπώνονται οι κατηγορίες των χρήσεων γης του 2000 που μετατράπηκαν σε καλλιέργειες με φυσική βλάστηση το 2012:

Πίνακας 5.10. Οι κατηγορίες από το CORINE 2000 που μετατράπηκαν σε καλλιέργειες με φυσική βλάστηση στο CORINE 2012.

Κατηγορίες	Ποσοστό (%) κατηγορίας καλλιέργειες με φυσική βλάστηση που ήτανε στο CORINE 2000 και έγιναν στο CORINE 2012	Συνολική έκταση (ha) κατηγορίας καλλιέργειες με φυσική βλάστηση από CORINE 2012
Νερό	0,640	950
Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς	0	0
Αειθαλή Δάση Πλατύφυλλων	1,684	2.500

Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς	0	0
Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	4,666	6.925
Μικτά Δάση	1,162	1.725
Πυκνοί Θαμνότοποι	11,826	17.550
Αραιοί Θαμνότοποι	0	0
Δασική Σαβάνα	0	0
Σαβάνα	0	0
Λιβάδια	2,34	3.475
Υγρότοποι	0,033	50
Ετήσιες καλλιέργειες	5,744	8.525
Αστικές περιοχές	2,425	3.600
Καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	68,952	102.325
Χιόνι και πάγος	0	0
Άγονη γη	0,522	775

Και εδώ παρατηρείται ότι μεγάλο ποσοστό 68,95% παρέμεινε το ίδιο στις δύο χρονολογίες και ένα ποσοστό 11,82% μετατράπηκαν σε καλλιέργειες με φυσική βλάστηση από τους πυκνούς θαμνότυπους.

Σε αντίθεση με τις μεταβολές στις κατηγορίες MODIS (που μας ενδιαφέρουν), στην περίπτωση των CORINE 2000 και 2012, υπάρχει μια ισορροπία στις μεταβολές, των κατηγοριών αυτών (Πίνακας 5.11).

Πίνακας 5.11. Οι μεταβολές στις τρεις κατηγορίες για το CORINE 2000 και 2012.

Κατηγορίες	CORINE 2000 Έκταση (ha)	CORINE 2012 Έκταση (ha)	Μεταβολή (%)
Λιβάδια	131.250	131.525	0,20
Ετήσιες καλλιέργειες	426.950	426.850	-0,02
Καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	148.250	148.400	0,10

Έτσι όπως φαίνεται, οι μεταβολές των εκτάσεων χρήσεως γης (για τις κατηγορίες που μας ενδιαφέρουν) για τις δύο αυτές χρονολογίες, ήτανε πολύ μικρές.

5.3 Σύγκριση MODIS, CORINE & ΕΛ.ΣΤΑΤ.

Για να γίνει καλύτερη εκτίμηση των αποτελεσμάτων, οι αρχικές εκτάσεις χρήσεως γης (για τις κατηγορίες που μας ενδιαφέρουν), πριν το Change Detection, συγκρίθηκαν με τις εκτάσεις που βρέθηκαν από την ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία) (Πίνακας 5.12)

Πίνακας 5.12. Εκτάσεις που δηλώθηκαν στην ΕΛΣΤΑΤ το 2000
(πηγή: www.statistics.gr)

ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ (Έκταση ha)					
Αρόσιμη γη	Μόνιμες καλλιέργειες	Βοσκότοποι - Μεταβατικές δασώδεις/ θαμνώδεις εκτάσεις	Βοσκότοποι - Συνδυασμοί θαμνώδους και / ή ποώδους βλάστησης	Βοσκότοποι - Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές
428.200	21.800	2.500	125.400	28.160	149.800

Με βάση την ευκρίνεια και ανάλυση του προϊόντος MODIS από τον πίνακα με τις γεωργικές περιοχές έγινε συγχώνευση την έκταση (Βοσκότοποι με τα χαρακτηριστικά τους) ως λιβάδια, την αρόσιμη γη ως ετήσιες καλλιέργειες και τις ετερογενείς γεωργικές περιοχές ως καλλιέργειες με φυσική βλάστηση. Συγκρίνουμε τις εκτάσεις που δηλώθηκαν στην ΕΛΣΤΑΤ το 2000, με τις εκτάσεις που βρέθηκαν από το MODIS και από το CORINE την ίδια περίπου χρονολογία. Οπότε προέκυψε ο παρακάτω (Πίνακας 5.13):

Πίνακας 5.13. Σύγκριση μεταξύ MODIS, CORINE και ΕΛΣΤΑΤ 2000

Κατηγορίες	MODIS 2001 Έκταση (ha)	CORINE 2000 Έκταση (ha)	ΕΛΣΤΑΤ (2000) Έκταση (ha)
Λιβάδια	226.000	131.350	156.060
Ετήσιες καλλιέργειες	589.275	426.950	428.200
Καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	68.200	148.250	149.800
ΣΥΝΟΛΟ:	883.475	706.550	734.060

Παρατηρούμε ότι οι εκτάσεις από το CORINE 2000 και από την ΕΛΣΤΑΤ 2000 είναι πολύ κοντά μεταξύ τους σε σχέση με τις εκτάσεις από το MODIS. Έτσι μπορούμε να θεωρήσουμε ως βάση για τα συμπεράσματά μας τα αποτελέσματα από τις εκτάσεις CORINE.

Επίσης στον παρακάτω (Πίνακα 5.14) αποτυπώνονται, συνολικά οι εκτάσεις των κατηγοριών που μας ενδιαφέρουν, μετά από το Change Detection από το MODIS 2012 & 2013 και το CORINE 2012.

Πίνακας 5.14. Συγκρίνοντας τις εκτάσεις από MODIS 2013, MODIS 2012 CORINE 2012

Κατηγορίες	MODIS 2013 Έκταση (ha)	MODIS 2012 Έκταση (ha)	CORINE 2012 Έκταση (ha)
Λιβάδια	89.100	93.125	131.525
Ετήσιες καλλιέργειες	605.975	566.650	426.850
Καλλιέργειες με φυσική βλάστηση	84.525	96.150	148.400

Και εδώ παρατηρούμε ότι όλες οι κατηγορίες μεταξύ των δύο πηγών παρουσιάζουν αρκετές διαφορές μεταξύ τους. Πιο κοντά βρίσκονται οι κατηγορίες λιβάδια και καλλιέργειες με φυσική βλάστηση, ενώ πιο μακριά βρίσκεται η κατηγορία ετήσιες καλλιέργειες.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δεδομένου ότι οι κοινωνικο-οικονομικές αλλαγές συνδέονται άμεσα με τις αλλαγές στην αγροτική πολιτική μια περιοχής, ήταν απαραίτητο να αναδειχθεί η σπουδαιότητα της χρήσης μεθόδων τηλεπισκόπησης και χωρικής ανάλυσης, για τη διεύρυνση αυτών των σχέσεων. Η κατανόηση των διαδικασιών αυτών θα μας επιτρέψει να γνωρίζουμε τις υπάρχουσες αλλά και τις αναμενόμενες αλλαγές χρήσεων / καλύψεων γης συμβάλλοντας στην καλύτερη διαχείριση του χώρου. Σ' αυτό το πλαίσιο, η εύρεση των αλλαγών χρήσεων γης πραγματοποιήθηκε μέσα από

την εφαρμογή της μεθοδολογίας διαχρονικής ανάλυσης (Change Detection) σε σειρά δορυφορικών δεδομένων.

Στην παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια να φανούν οι έντονες αλλαγές χρήσεως γης / κάλυψης γης δορυφορικών δεδομένων MODIS για το 2001 και 2012 & 2013 για την περιοχή της Θεσσαλίας. Η επιλογή των δορυφορικών δεδομένων MODIS έγινε λόγω της μεγάλης σάρωσης που παρουσιάζουν 2.330 km, καθώς συνδυάζουν ικανοποιητικά τη χωρική, χρονική, φασματική και ραδιομετρική διακριτική ικανότητα. Επίσης, τα δεδομένα αυτά είναι διαθέσιμα παγκοσμίως δωρεάν και από αυτά μπορούν να εξαχθούν, με κατάλληλη επεξεργασία, πληροφορίες για την χρήση / κάλυψη γης.

Για να μπορέσουν να ελεγχθούν τα στοιχεία που βρέθηκαν από το MODIS έγινε επαναταξινόμηση των 44 κατηγοριών που ανήκουν στο CORINE με τις 17 κατηγορίες που έχουν ταξινομηθεί τα προϊόντα MODIS. Εφαρμόζοντας τη διαχρονική ανάλυση στους επαναταξινομημένους χάρτες CORINE 2000 και 2012, θα συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα από την διαχρονική ανάλυση των ταξινομημένων χαρτών MODIS 2001 και 2012.

Στην εργασία πραγματοποιήθηκε σύγκριση μόνο με κατηγορίες που έχουν σχέση με τις γεωργικές καλλιέργειες (λιβάδια, ετήσιες καλλιέργειες, καλλιέργειες με φυσική βλάστηση).

Θεωρήθηκε ως βάση τα στοιχεία που δημιουργήθηκαν από το CORINE 2000 (μετά την επαναταξινόμηση), διότι όπως παρατηρήθηκε αυτά συμβαδίζουν με τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν από την ΕΛ.ΣΤΑΤ 2000, σε αντίθεση με τα στοιχεία που υπολογίστηκαν από τον MODIS 2001. Έτσι βρέθηκαν για το έτος 2000, για την κατηγορία **λιβάδια**, από τον MODIS 2001, **226.000** ha, από το CORINE 2000 **131.350** ha και από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. 2000, **156.060** ha. Για την κατηγορία **ετήσιες καλλιέργειες** βρέθηκαν από τον MODIS 2001, **589.275** ha, από το CORINE 2000 **426.950** ha και από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. 2000, **428.200** ha. Ενώ για την κατηγορία **καλλιέργειες με φυσική βλάστηση** βρέθηκαν από τον MODIS 2001 **68.200** ha, από το CORINE 2000 **148.250** ha και από την ΕΛ.ΣΤΑΤ. 2000 **149.800** ha. Επομένως οι εκτάσεις που δόθηκαν από την ΕΛ.ΣΤΑΤ, συμβαδίζουν με τις εκτάσεις των χρήσεων γης από το CORINE 2000, αλλά όχι με των προϊόντων MODIS.

Μετά το Change Detection των θεματικών χαρτών MODIS 2001 και 2012 και μεταξύ των επαναταξινομημένων θεματικών χαρτών CORINE 2000 και 2012,

παρουσιάσθηκαν τα εξής αποτελέσματα. Για την κατηγορία **λιβάδια** βρέθηκαν από τον MODIS 2012, **93.125 ha**, από το CORINE 2012 **131.525 ha**. Για την κατηγορία **ετήσιες καλλιέργειες** βρέθηκαν από τον MODIS 2012 **566.650 ha** και από το CORINE 2012 **426.850 ha**, ενώ για την κατηγορία **καλλιέργειες με φυσική βλάστηση** από το MODIS 2012 **96.150 ha** και από το CORINE 2012 **148.400 ha**.

Από τη διαχρονική ανάλυση χρήσεων γης μεταξύ των χρονολογιών MODIS 2001 και 2012 παρατηρήθηκε μια αρκετά μεγάλη μετατόπιση, της τάξεως 58,80%, από την χρήση γης κατηγορία λιβάδια σε ετήσιες καλλιέργειες. Παρόλο που διαπιστώθηκε και στο CORINE ότι η αλλαγή χρήσεων γης με την μεγαλύτερη έκταση είναι η κατηγορία ετήσιες-καλλιεργήσιμες καλλιέργειες, τα στοιχεία από το CORINE 2012, δείχνουν ότι η αλλαγή αυτή δεν είναι πραγματική αλλά πλασματική. Επομένως τα στοιχεία του CORINE δεν επιβεβαιώνουν αυτή την μετατόπιση, άρα συμπεραίνουμε ότι ίσως να πρόκειται για «μπέρδεμα» των καλύψεων γης του προϊόντος MODIS. Γενικά συμπεραίνουμε ότι οι κάτοικοι της Θεσσαλίας και πιο συγκεκριμένα του Ν. Λαρίσης (όπου παρατηρείται η μεγαλύτερη έκταση) διαχρονικά δεν έχουν εγκαταλείψει τις ετήσιες-καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Είναι γεγονός ότι η οικονομία της Περιφέρειας Θεσσαλίας βασίζεται κυρίως στον πρωτογενή τομέα και η αρχή της οικονομικής κρίσης το 2010 ήτανε ένα σημαντικό κίνητρο για τους νέους να στραφούν στις αγροτικές καλλιέργειες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάστηκε από την διαχρονική ανάλυση των χρονολογιών MODIS 2001 και 2012 και η αύξηση 40,98% των καλλιεργειών με φυσική βλάστηση, που και σ' αυτές το μεγαλύτερο ποσοστό προήλθε από τις ετήσιες καλλιέργειες. Και αυτό όμως δεν παρατηρείται από την ανάλυση της πηγής του CORINE 2012 (μετά την επαναταξινόμηση) για τις μόνιμες καλλιέργειες. Γενικά, στην περίπτωση των MODIS παρατηρήθηκε μια ανακατανομή των χρήσεων γης, στις δύο χρονολογίες, με συνέπεια παρ' ότι την μεγάλη αύξηση που είχαμε στις ετήσιες καλλιέργειες, διαπιστώθηκε ότι συνολικά και για τις δύο χρονολογίες είχαμε την ίδια περίπου έκταση στην κατηγορία αυτή.

Γενικά διαπιστώνουμε ότι τα προϊόντα MODIS και CORINE προέρχονται από διαφορετικές χωρικές αναλύσεις αλλά και διαφορετική μεθοδολογία κωδικοποίησης των χρήσεων - καλύψεων γης. Γι' αυτό και έως έναν βαθμό είναι αναμενόμενες οι διαφορές. Τα προϊόντα MODIS παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές στην κατηγορία λιβάδια - με την κατηγορία ετήσιες καλλιέργειες γεγονός που δεν επιβεβαιώνεται

από το CORINE. Επομένως διαπιστώνεται ότι προϊόντα MODIS μπερδεύουν έως ένα βαθμό τις χρήσεις γης μεταξύ τους και αυτό μπορεί να οφείλεται όχι μόνο στην διαφορετική κωδικοποίηση των καλύψεων γης κατά την ταξινόμηση, αλλά και λόγω της χαμηλής ανάλυσης των MODIS με pixel size 500*500m.

Τα χαρακτηριστικά της Ελληνικής γεωργίας είναι οι μικρές (σε στρέμματα) αγροτικές εκμεταλλεύσεις. Άλλωστε επί δεκαετίες, η μόνη πρόταση για τον αγροτικό κλήρο ήταν οι αναδασμοί, οι οποίοι αντιμετωπίζουν μόνο τον πολυτεμαχισμό των αγροτικών εκμεταλλεύσεων και όχι το μέγεθός τους. Η πολυδραστηριότητα, η στροφή προς τα προϊόντα ποιότητας, η συνεργασία μικρών ομάδων παραγωγών θα μπορούσαν να αποτελέσουν την λύση στο πρόβλημα του μικρού μεγέθους των ιδιοκτησιών. Επομένως με την χαμηλή ανάλυση pixel size των προϊόντων MODIS είναι δύσκολο να διαπιστωθούν οι πιθανές αλλαγές χρήσεων γης.

Από την ανάλυση και σύγκριση του προϊόντος MCD12Q1 με το CORINE και στατιστικά δεδομένα σε κλίμακα Νομού & Περιφέρειας διαπιστώνεται αδυναμία αξιόπιστων αποτελεσμάτων αναφορικά με τις τρεις κατηγορίες καλύψεων/χρήσεων γης. Αντίθετα, πρόκειται για ιδανικό εργαλείο παρατήρησης βασικών αλλαγών στις χρήσεις-καλύψεις γης, σε ομάδες περιφερειών ή κρατών.

Εν κατακλείδι, τα επιχειρησιακά προϊόντα MODIS πιθανόν μπορούν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα σε επίπεδο χώρας αλλά όχι σε επίπεδο Περιφέρειας και Νομού, καθώς όπως διαπιστώθηκε παρατηρήθηκε μια υπερεκτίμηση ή υποεκτίμηση των αποτελεσμάτων.

7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση

Agrawal A., Kumar N., and Radhakrishna M., (2007). Multispectral image classification: a supervised neural computation approach based on rough-fuzzy membership function and weak fuzzy similarity relation. *International Journal of Remote Sensing* : Vol. 28, Iss. 20

Al-doski J., Mansor B., and Shafri M., (2013). Change Detection Process and Techniques. *Civil and Environmental Research*. Vol. 3, pp. 37-45.

Arino O., Leroy M., Brockman C., Bourg L., Latham J., Witt R., and Herond M., (2007). GlobCover: ESA service for Global Land Cover from MERIS

Auch R., Drummond M., Xian G., Sayler K., Acevedo W., and Taylor J., (2016). Regional Differences in Upland Forest to Developed (Urban) Land Cover Conversions in the Conterminous U.S., 1973–2011. *Forests*. MDPI.

Ali A., (2010). Remote Sensing. Department of Applied Sciences University of Technology. First Edition.

Arsanjani J., See L., and Tayyebi A., (2016). Assessing the suitability of GlobeLand30 for mapping land cover in Germany. *International Journal of Digital Earth*. Vol. 9, No. 9, pp. 873–891

Ball, Geoffrey H., Hall, and David J. (1965) Isodata: a method of data analysis and pattern classification, Stanford Research Institute, Menlo Park, United States. Office of Naval Research. Information Sciences Branch

Bagan H., Wang Q., Watanabe M., Yang Y., and Ma J., (2005). Land cover classification from MODIS EVI times-series data using SOM neural network. *International Journal of Remote Sensing*: Vol. 26. No. 22 pp. 4999-5012.

Bartholome E., and Belward A., (2005). GLC2000: a new approach to global land cover mapping from Earth observation data. *International Journal of Remote Sensing* Vol. 26, No. 9, pp. 1959–1977.

Bicheron P., Defourny P., Brockmann C., Schuten L., Vancutsem C., Huc M., Bontemps S., Leroy M., Achard F., Herold M., Ranera F., and Arino O., (2008). Products Description and Validation Report. POSTEL.

Butt A., Shabbir R., Ahmad S., and Aziz N., (2015). Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. *ScienceDirect: The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. vol. 18, is. 2., pp. 251-259.

Castillejo-González, L., et al., (2009). Object- and pixel-based analysis for mapping crops and their agro-environmental associated measures using QuickBird imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 68, 207-215

Ceamanos X., and Valero S., (2016). *Processing Hyperspectral Images. Optical Remote Sensing of Land Surface. Techniques and Methods*, pp. 163-200

Chang C., and Lin C., (2013). *LIBSVM: A Library for Support Vector Machines*. Department of Computer Science. National Taiwan University, Taipei, Taiwan

Chhabra, A., Geist, H., Houghton, R., Habrel, H., Braimoh, A. Vlek, (2006). Multiple impacts of land use/cover change H.J. Geist (Ed.), *Land-use and Land-cover Change: Local Processes and Global Impacts*, Springer, Berlin, New York pp. 71-116

Chen X. (2002). Using remote sensing and GIS to analyze land cover change and its impacts on regional sustainable development. *International Journal of Remote Sensing*, 23(1):107–124

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

Cihlar, J., Xiao, Q., Chen, J., Beaubien, J., Fung, K. and Latifovic, R. (1998). Classification by progressive generalization: a new automated methodology for remote sensing multispectral data.. *International Journal of Remote Sensing*, 19: 2685–2704.

Cingolani .M., Renison, D., Zak .R. and Carido.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.

Congalton, R. and Green, K. (1999). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and practices*, Boca Raton, London, New York: Lewis Publishers

Congalton R., Gu J., Yadav K., Thenkabail P., and Ozdogan M., (2014). Global Land Cover Mapping: A Review and Uncertainty Analysis. *Remote Sens.*, 6(12), pp. 12070-12093

DeFries, S. and Chan, C. (2000). Multiple criteria for evaluating machine learning algorithms for land cover classification from satellite data.. *Remote Sensing of Environment*, 74: 503–515.

DeFries, R., and Houghton. R., (2004). *Ecosystems and Land Use Change*. Geophysical Monograph 153. Washington, DC: American Geophysical Union.

Defourny, P., Schouten, L., Bartalev, S., Bontemps, S., Caccetta, P., De Wit, A.J.W., Di Bella, C., Gérard, B., Giri, C., Gond, V., Hazeu, G.W., Heinimann, A., Herold, M., Knoop, J., Jaffrain, G., Latifovic, R., Lin, H., Mayaux, P., Mùcher, C.A., Nonguierma, A., Stibig, J., Van Bogaert, E., Vancutsem, C., Bicheron, P., Leroy, M., and Arino, O., (2009). Accuracy assessment of a 300 m global land cover map:

The GlobCover experience. Proceedings, International Symposium on Remote Sensing of Environment. 33rd, pp. 400-403.

Dixit M., (2016). Supervised Classification of Satellite Images. Department of Electronics and Telecommunication, MKSSS's Cummins College of Engineering for Women, Pune, India.

Egorov A., Hansen M., Roy D., Kommareddy A., and Potapov P., (2015). Image interpretation-guided supervised classification using nested segmentation. Remote Sensing of Environment. Vol. 165, pp. 135-147.

Elatawneh, A., Kalaitzidis C., Petropoulos G., and Schneider T., (2014). Evaluation of diverse classification approaches for land use/cover mapping in a Mediterranean region utilizing Hyperion data. International Journal of Digital Earth, Vol. 7, No. 3, 194-216

Ellis, E. and Pontius R., (2007). Land use and land cover change C.J. Cleveland (Ed.), Encyclopedia of Earth, Washington, D.C. Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment.

Fan Y., Yu G., He Z., Yu H., Bai R., Yang L., and Wu, D., (2017). Entropies of the Chinese Land Use/Cover change from 1990 to 2010 at a County level Entropy, 19 (2), p. 51

Feddema, J., (2005). "The Importance of Land-Cover Change in Simulating Future Climates." *Science* 310: 1674–1678. doi:10.1126/science.1118160.

Flygare M., (1997). A comparison of contextual classification methods using Landsat TM. International Journal of Remote Sensing, 18, pp. 3835–3842.

Friedl M., McIver D., Hodges J., Zhang X., Muchoney D., Strahler A., Woodcock C., Gopal S., Schneider A., Cooper A., Baccini A., Gao F., and Schaaf C., (2002). Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results. Remote Sensing of Environment: vol. 83, iss 1-2, pp. 287-302.

Fisher, P., (1997). The pixel: a snare and a delusion. International Journal of Remote Sensing, 18, pp. 679–685

Foody, M., (2002b). Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment, 80: 185–201.

Fritz S., See L., McCallum I., Schill C., Obersteiner M., VanderVelde M., Boettcher H., Havlík P., and Achard F., (2011). Highlighting continued uncertainty in global land cover maps for the user community. Environ.Res.Lett. 6, 044005.

Halini M., Sedighifar Z., and Mohammadi C., (2017). Analyzing spatiotemporal land use/cover dynamic using remote sensing imagery and GIS techniques case: Kan basin of Iran. GeoJournal: Spatially Integrated Social Sciences and Humanities, pp. 1-11.

Hecheltjen, A., Thonfeld, F., and Menz G., (2014). Recent Advances in Remote Sensing Change Detection – A Review. *Land Use and Land Cover Mapping in Europe*, pp. 145-178.

Huete, .R., Justice, C. and Van Leeuwen, W., (1999). MODIS Vegetation Index (MOD13) Algorithm Theoretical Basis Document, NASA Goddard Space Flight Center, http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf.

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

Sabu T., Vinod R., Subramonia Iyer M., Bhaskaran C., and Ambat B., (2012). Proceedings of the Kerala Environment Congress Centre for Environment and Development Thozhuvancode, Vattiyoorkavu Thiruvananthapuram, Kerala, India-695013

Gaitanis A., Kalogeropoulos K., Detsis V., and Chalkias C., (2015). Monitoring 60 years of Land cover change in the Marathon Area, Greece *Land*, 4 (2), pp. 337-354

Giaoutzi. M., and Stratigea., A., (2009). «Assessment of Alternative Policy Scenarios on a Global Level», D5.5, AG2020 Project ‘Foresight analysis for world agricultural markets (2020) and Europe’, Contract no.: 44280-AG2020, STREP, 2007-2009.

(PDF) Στρατηγικές Βιώσιμης Ανάπτυξης του Αγροτικού Τομέα στην Ελλάδα. Available from: https://www.researchgate.net/publication/261874442_Strategikes_Biosimes_Anaptyses_tou_Agrotikou_Tomea_sten_Ellada [accessed Dec 08 2018].

Gitas Z., Karydas G., and Kazakis V., (2003). Land cover mapping of Mediterranean landscapes using SPOT4 Xi and IKONOS imagery. A preliminary investigation. *Options Medaterraneennes, Serie B*, NO 46.

Guan X., Liou G., Huang C., Liu Q., Wu C., Jin Y., and Li Y., (2017). An Object-Based Linear Weight Assignment FusionScheme to Improve Classification Accuracy UsingLandsat and MODIS Data at the Decision Level. pp.1-14

Gupta R., (2014). The Pattern of Urban Land-use Changes. A Case Study of the Indian Cities. 5(1)83–104

Grekousis G., Mountrakis G., and Kavouras M., (2015). An overview of 21 global and 43 regional land-cover mapping products. *International Journal of Remote Sensing*.Vol. 36, Is. 21

Karantzalos K., BliziotisD., and Karmas A., (2015). A scalable geospatial web service for near real-time, high-resolution land cover mapping. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, 8, 4665–4674.

Kazak J., Swiader M., Szewranski S., and Zmuda R., (2017). Geo-environmental indicators in strategic environmental assessment *Acta Sci. Pol.-Formatio Circumiectus*, 16 (2) pp. 123-135

Kazak J., (2018). The use of a decision support system for sustainable urbanization and thermal comfort in adaptation to climate change actions—the case of the Wrocław Larger Urban Zone (Poland) *Sustainability*, 10 (4) p. 1083

Lambin, F., and Geist H., (2010). *Land-Use and Land-Cover Change. Local processes and Global Impacts. The IGBP Series.* Berlin: Springer-Verlag, 222 pp.

Lambin, F., and Strahler H., (1994b). Indicators of land-cover change for changevector analysis in multitemporal space at coarse spatial scales. *International Journal of Remote Sensing*, 15, 2099–2119

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

Latham J., Cumani R., Rosati M., and Bloise M., (2014). *Global Land Cover SHARE (GLC-SHARE). Database Beta-Release Version 1.0.* FAO.

Levin, N., (1999). *Fundamentals of Remote Sensing.* Remote Sensing Laboratory, Geography Department, Tel Aviv University, GIS unit, The society for the Protection of Nature in Israel, διαθέσιμο στη ηλεκτρονική διεύθυνση <http://geography.huji.ac.il/personal/Noam%20Levin/1999-fundamentals-of-remotesensing.pdf>

Lu D., Mausel P., Brondizio E. and Moran E. (2004). Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25:12, 2365-2401

Lu D., and Weng Q., (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 28, No. 5, pp. 823–870

MacQueen, B., (1967). Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations. *Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. 1. University of California Press. pp. 281–297. MR 0214227. Zbl 0214.46201. Retrieved 2009-04-07

Macleod., D., and Congalton., G., (1998). A quantitative comparison of changedetection algorithms for monitoring eelgrass from remotely sensed data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 64, 207–216.

Magnussen, S., Boudewyn P., and Wulder, M., (2004). Contextual classification of Landsat TM images to forest inventory cover types. *International Journal of Remote Sensing*, 25, pp. 2421–2440.

- Man Duc Chuc, Nguyen Hoang Anh, Nguyen Thanh Thuy, Bui Quang Hung, (2017). Improvement of land-cover classification over frequently cloud-covered areas using Landsat 8 time-series composites and an ensemble of supervised classifiers, 20, pp. 1243-1255.
- Manakos I., Chatzopoulos-Vouzoglani K., Petrou Z., and Apostolakis A., (2015). Globalland30 Mapping Capacity of Land Surface Water in Thessaly, Greece.
- Manakos I., Karakizi C., Gkinis I., and Karantzalos K., (2017). Validation and Inter-Comparison of Spaceborne Derived Global and Continental Land Cover Products for the Mediterranean Region: The Case of Thessaly.
- Mather, S., (1986). Land Use, Essex, U.K.: Longman Scientific & Technical
- Mather M., (2004). Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An introduction, 3rd edn (Chichester: John Wiley & Sons).
- Maxwell, A., Warner, T., and Fang F., (2018). Implementation of machine-learning classification in remote sensing: an applied review. International Journal of Remote Sensing, 39:9, 2784-2817
- Meiyappan P., Dalton M., O'Neill B., and Jain A. (2014). Spatial modeling of agricultural land use change at global scale Ecol. Model., 291 pp. 152-174
- Mylonas, P. (2015). Unlocking the potential of Greek agro-food industry. National Bank of Greece, Sectorial Report, pp. 40.
- Mora B., Tsendbazar N., Herold M., and Arino O., (2014). Global Land Cover Mapping: Current Status and Future Trends. Land Use and Land Cover Mapping in Europe pp 11-30
- Muller K., Mika S., and Ratsch G., (2001). An introduction to kernel-based learning algorithms. IEEE Transaction on Neural Networks, 12 pp. 181-202
- Muriuki, G., Seabrook, L., McAlpine, C., Jacobson, C., Price, B., and Baxter G., (2011). Land cover change under unplanned human settlements: a study of the Chyulu hills squatters, Kenya Landsc. Urban Plan., 99 , pp. 154-165
- Yugal K., and Sahoo G., (2012): Analysis of Parametric & Non Parametric Classifiers for Classification Technique using WEKA, I.J. Information Technology and Computer Science, 7: pp.43-49.
- Paola, D., and Schowengerdt. A., (1997). The effect of neural-network structure on amultispectral land-use/land-cover classification. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 63, pp. 535–544.

Petit C, Scudder T, and Lambin E. (2001). Quantifying processes of land-cover change by remote sensing: resettlement and rapid land-cover changes in south-eastern Zambia. *International Journal of Remote Sensing*. 22(11):3435–3456

Ramaswamy S., Balaji M., and Ranganathan A., (2014). Land Use Land Cover Classification Using Local Multiple Patterns From Very High Resolution Satellite Imagery. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. 8

Ross S., and Bhadauria H., (2015). A Review of Change Detection Techniques of LandCover Using Remote Sensing Data. *Journal of Computer Engineering*. Vol. 17, Iss. 3, pp. 17-21

Seif, A. and Mokarram M., (2012) Change detection of Gil Playa in the Northeast of Fars Province Iran *Am. J. Sci. Res.*, 86 (2012), pp. 122-130

Stuckens, J., Coppin R., and Bauer, E., (2000). Integrating contextual information with per-pixel classification for improved land cover classification. *Remote Sensing of Environment*, 71, pp. 282–296.

Singh, A., (1989). ‘Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data’, *International journal of remote sensing*, 10(6) 989-1003.

Singh, S., (2013). Review on Different Change Vector Analysis Algorithms Based Change Detection Techniques. *International Conference on Image Information Processing, ICIP*.

Song C., Woodcock E., Seto K., Lenney P., Macomber S. (2001). Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects. *Remote Sensing of Environment* 75: 230-244

Tempfli K., Kerle N., Huurneman L., and Janssen L., (2009). *Principles of Remote Sensing: An introductory textbook*. The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation.

Tsendbazar N., de Bruin S., and Herold M., (2015). Assessing global land cover reference datasets for different user communities. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 103, 93–114.

Vahidi., H, and Monabbati E., (2013). Contextual Image Classification Approach For Monitoring of Agricultural Land Cover by Support Vector Machines and Markov Random Fields. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XL-1/W3.

Vapnik, V., (1995). *The nature of statistical learning theory*. Springer-Verlag, New York, 314 p

Varadarajan K., and Shivakumar B., (2017). Change detection using image differencing: A study over area surrounding Kumta, India. Second International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT).

Verburg H., Neumann K., and Nol, L., (2011). Challenges in using land use and land cover data for global change studies. *Glob. Chang. Biol.*, 17, 974–989

Weber T., (2001). A method to incorporate phenology into land cover change analysis. *Journal of Range Management*, 54, A1–A7.

Weng, Q. (2007). *Remote Sensing of Impervious Surfaces*. Boca Raton: CRC Press/Taylor and Francis

Xiang M., Hung C., Pham M., Kuo B., and Coleman T., (2005). A Parallelepiped Multispectral Image Classifier Using Genetic Algorithms

Zanotta D., Zortea M., and Ferreira M., (2018). A supervised approach for simultaneous segmentation and classification of remote sensing images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 142. pp. 162-173.

Zhang H. and Roy D., (2017). Using the 500 m MODIS land cover product to derive a consistent continental scale 30 m Landsat land cover classification

Ελληνική

Αργιαλάς Δ., (1999). «Φωτοερμηνεία- Τηλεπισκόπηση», Ε.Μ.Π, Αθήνα

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Περιφέρεια Θεσσαλίας, (2012). Α' Φάση Στρατηγικός Σχεδιασμός. Διεύθυνση Αναπτυξιακού Προγραμματισμού.

Θέμελης Αθανάσιος, 2010, "Classification of Urban Surface via Hyperspectral Imaging Systems in Remote Sensing", Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Τοπογραφίας Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης.

Ζιωγάνας Χ., (2003). Γεωργική οικονομική ανάπτυξη: Αρχές, θεωρίες, εφαρμογές. Εκδόσεις Ζήτη. σελ. 376.

Ζωγράφου Κ., Καλέβρα Ν., Κορακάκη Ε., Κορδοπάτης Π., Λιαρίκος Κ., και Μαραγκού Π., (2012). Η Ελλάδα Τότε και Τώρα. Διαχρονική Χαρτογράφηση των Καλύψεων Γης 1987-2007. WWF Ελλάς.

Λασπιάς Ε., (2012). Διπλωματική εργασία: Επιβλεπόμενη & Μη Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση Πολυφασματικών Εικόνων Τηλεπισκόπησης και Θεματικές Εφαρμογές τους στον Ελλαδικό Χώρο: ανάπτυξη σε περιβάλλον Wiki. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: Τμήμα Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών. Αθήνα.

Μελέτη για την Ανάπτυξη της Περιφέρειας Θεσσαλίας, (2013). Σύνδεσμος Βιομηχανιών Θεσσαλίας και Κεντρικής Ελλάδος. Ενότητα II: Κοινωνικό-Οικονομικά Στοιχεία Θεσσαλίας.

Μερτίκας, Σ.Π., (1999), Τηλεπισκόπηση και ψηφιακή ανάλυση εικόνας. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ

Μηλιαρέσης, Χ. Γ., 2003, Φωτοερμηνεία – Τηλεπισκόπηση. Αθήνα ΙΩΝ.

Σκριμιζέα Ε., (2012). Διπλωματική εργασία: Ευνοϊκοί και Περιοριστικοί Παράγοντες για την Αειφόρο Ανάπτυξη του Θεσσαλικού Κάμπου. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο: Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών. Αθήνα

Τσακίρη-Στρατή Μ., (2014): Πανεπιστημιακές παραδόσεις για το μάθημα της Τηλεπισκόπησης του τομέα Κτηματολογίου, Φωτογραμμετρίας και Χαρτογραφίας, του τμήματος Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών του ΑΠΘ, Τμήμα εκδόσεων ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Πετρινόλη., (2016). Χρήση δορυφορικών δεδομένων MODIS για τη χωροχρονική ανάλυση των επιφανειακών θερμοκρασιών εδάφους, για το διάστημα 2001-2015, σε αστικά κέντρα μεσαίου μεγέθους της Ελλάδος

Πιτσιλίδου, 2011. Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων κατά τα έτη 2007-2009 με την χρήση δορυφορικών εικόνων Modis

Ταχταλίδου., (2018). Διπλωματική εργασία: Στρατηγικές Διεθνοποίησης Αγροτικών Προϊόντων της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Πανεπιστήμιο Μακεδονίας. Προγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Δημόσια Διοίκηση. Θεσσαλονίκη.

Ηλεκτρονικές σελίδες

http://due.esrin.esa.int/page_globcover.php

https://land.copernicus.eu/eagle/files/eagle-related-projects/pt_clc-conversion-to-fao-lccs3_dec2010

<https://search.earthdata.nasa.gov>

<http://www.statistics.gr/2011>

<http://www.pedthessalias.gr/2012-01-12-13-29-02/oikonomia.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Ελληνική Ονοματολογία CORINE LAND COVER

Πρώτο επίπεδο	Δεύτερο επίπεδο	Τρίτο επίπεδο
1. Τεχνητές επιφάνειες	11 Αστικός ιστός	111 Συνεχής αστικός ιστός 112 Ασυνεχής αστικός ιστός
	12 Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	121 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες 122 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα 123 Ζώνες λιμένων 124 Αεροδρόμια
	13 Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	131 Χώροι εξορύξεως ορυκτών 132 Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων 133 Χώροι οικοδόμησης
	14 Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πράσινου	141 Περιοχές αστικού πρασίνου 142 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. Agricultural areas	21 Αρόσιμη γη	211 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη 212 Μόνιμα αρδευόμενη γη 213 Ορυζώνες
	22 Μόνιμες καλλιέργειες	221 Αμπελώνες 222 Οπωροφόρα δέντρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 223 Ελαιώνες
	23 Λιβάδια	231 Λιβάδια
	24 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	241 Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες 242 Σύνθετες καλλιέργειες 243 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης 244 Γεωργο-δασικές περιοχές
3. Forest and semi natural areas	31 Δάση	311 Δάσος πλατύφυλλων 312 Δάσος κωνοφόρων 313 Μικτό Δάσος
	32 Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης	321 Φυσικοί βοσκότοποι 322 Θάμνοι και χερσότοποι 323 Σκληροφυλλική βλάστηση 324 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις

	33 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	331 Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμονδιές 332 Απογυμνωμένοι βράχοι 333 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 334 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 335 Παγετώνες και αέριο χιόνι
4. Υγρότοποι	41 Υγρότοποι ενδοχώρας	411 Βάλτοι στην ενδοχώρα 412 Τυρφώνες
	42 Παραθαλάσσιοι υγρότοποι	421 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 422 Αλυκές 423 Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα
5. Water bodies	51 Χερσαία ύδατα	511 Υδατορρεύματα 512 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος
	52 Θαλάσσια ύδατα	521 Παράκτιες λιμνοθάλασσες 522 Εκβολές ποταμών 523 Θάλασσες και ωκεανοί

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Ελληνική Περιγραφή των 17 κατηγοριών κάλυψης γης IGBP

Κλάση 0: Νερό (N)	Ωκεανοί, θάλασσες, λίμνες, δεξαμενές και ποτάμια. Μπορούν να είναι είτε νοπά είτε αλατισμένα.
Κλάση 1: Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς (ΑΔΒ)	Εκτάσεις που κυριαρχείται από ξυλώδη βλάστηση με βελανιδιές με ποσοστό κάλυψης > 60% και ύψος άνω των 2 μέτρων. Σχεδόν όλα τα δέντρα παραμένουν πράσινα όλο το χρόνο. Το κουβούκλιο δεν είναι ποτέ χωρίς πράσινο φύλλωμα.
Κλάση 2: Αειθαλή δάση πλατύφυλλων (ΑΔΠ)	Εκτάσεις που κυριαρχείται από ξυλώδη βλάστηση πλατύφυλλων με ποσοστό κάλυψης > 60% και ύψος άνω των 2 m. Σχεδόν όλα τα δέντρα και οι θάμνοι παραμένουν πράσινοι όλο το χρόνο. Το κουβούκλιο δεν είναι ποτέ χωρίς πράσινο φύλλωμα.
Κλάση 3: Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς (ΦΔΒ)	Εκτάσεις που κυριαρχούν από ξυλώδη βλάστηση με κάλυψη επί τοις εκατό > 60% και ύψος άνω των 2 μ. Αποτελείται από εποχιακές κοινότητες δέντρων βελανιδιάς με ετήσιο κύκλο περιόδων φύλλων και φύλλων.
Κλάση 4: Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων (ΦΔΠ)	Εκτάσεις που κυριαρχούν από ξυλώδη βλάστηση με κάλυψη επί τοις εκατό > 60% και ύψος άνω των 2 μ. Αποτελείται από κοινότητες δέντρων πλατύφυλλων με ετήσιο κύκλο περιόδων φύλλων και φύλλων.
Κλάση 5: Μικτά Δάση (ΜΔ)	Εκτάσεις που κυριαρχούν από δέντρα με ποσοστό κάλυψης > 60% και ύψος άνω των 2 μέτρων.

	Αποτελείται από κοινότητες δέντρων με διασκορπισμένα μείγματα ή ψηφιδωτά των άλλων τεσσάρων τύπων δασών. Κανένας από τους τύπους δασών δεν υπερβαίνει το 60% του τοπίου.
Κλάση 6: Πυκνοί Θαμνότοποι (ΠΘ)	Εκτάσεις με ξυλώδη βλάστηση μικρότερη από 2 μ. Και με κάλυμμα θόλων θάμνων > 60%. Το φύλλωμα θάμνων μπορεί να είναι είτε αειθαλής είτε φυλλοβόλο.
Κλάση 7: Αραιοί Θαμνότοποι (ΑΘ)	Εκτάσεις με ξυλώδη βλάστηση ύψους μικρότερης των 2 μέτρων και με κάλυψη θόλων θάμνων μεταξύ 10% και 60%. Το φύλλωμα θάμνων μπορεί να είναι είτε αειθαλής είτε φυλλοβόλο.
Κλάση 8: Δασικής Σαβάνας (ΔΣ)	Εκτάσεις με ποώδη και άλλα υποβαθμισμένα συστήματα, καθώς και με κάλυψη δασικών θόλων μεταξύ 30% και 60%. Το ύψος του δασικού καλύμματος υπερβαίνει τα 2 μ.
Κλάση 9: Σαβάνας (Σ)	Εκτάσεις με ποώδη και άλλα υποβαθμισμένα συστήματα, καθώς και με κάλυψη δασοκάλυψης μεταξύ 10% και 30%. Το ύψος του δασικού καλύμματος υπερβαίνει τα 2 μ.
Κλάση 10: Λιβάδια (Λ)	Εκτάσεις με ποώδη είδη κάλυψης . Το κάλυμμα των δέντρων και των θάμνων είναι μικρότερο από 10%.
Κλάση 11: Υγρότοποι (Υ)	Εκτάσεις με μόνιμο μείγμα νερού και ποώδους ή ξυλώδους βλάστησης. Η βλάστηση μπορεί να υπάρχει είτε σε αλάτι, υφάλμυρο, είτε σε γλυκό νερό.
Κλάση 12: Ετήσιες καλλιέργειες (ΕΤ)	Ζώνες που καλύπτονται από προσωρινές καλλιέργειες, ακολουθούμενες από συγκομιδή και περίοδο γυμνού εδάφους (π.χ. ενιαία και πολλαπλά συστήματα καλλιέργειας). Σημειώστε ότι οι πολυετείς ξυλώδεις καλλιέργειες θα ταξινομηθούν ως οι κατάλληλοι τύποι κάλυψης δασών ή θάμνων.
Κλάση 13: Αστικές Περιοχές (ΑΠ)	Εκτάσεις που καλύπτονται από κτίρια και άλλες τεχνητές κατασκευές.
Κλάση 14: Καλλιεργούμενες εκτάσεις με παρουσία φυσικής βλάστησης (ΚΦΒ)	Εκτάσεις με μωσαϊκό καλλιεργήσιμων εκτάσεων , δάση, θαμνώνες και λιβάδια στα οποία κανένα από τα συστατικά δεν περιλαμβάνει περισσότερο από το 60% του τοπίου.
Κλάση 15: Χιόνι και πάγος (Χ)	Εκτάσεις υπό κάλυψη χιονιού / πάγου καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.
Κλάση 16: Άγονη γη (ΑΓ)	Εκτάσεις με εκτεθειμένο έδαφος, άμμο, βράχια ή χιόνι και δεν έχουν ποτέ βλάστηση πάνω από 10% σε οποιαδήποτε εποχή του χρόνου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Τα ποσοτικά αποτελέσματα αλλαγών χρήσεων γης μεταξύ 2001 και 2013

	Αρχικό στάδιο Modis (2001) (ha)																
Τελικό στάδιο Modis (2013) (ha)	Νερό	Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς	Αειθαλή δάση Πλατύφυλλων	Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς	Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	Μικτά Δάση	Πυκνοί θαμνότυποι	Αραιοί θαμνότυποι	Δασική Σαβάνα	Σαβάν α	Λιβάδι α	Υγρότοποι	Ετήσιες καλλιέργει ες	Αστικές περιοχές	Καλλιέργειες και φυς. βλάστηση	Άγρον γη	ΣΥΝΟΛΟ :
Νερό	3.525	50	0	50	0	725	50	225	425	25	450	300	775	0	25	0	6.625
Αειθαλή Δάση Βελανιδιάς	400	2.125	25	25	25	8.525	375	450	8.225	450	425	275	2.475	0	650	0	24.025
Αειθαλή δάση πλατύφυλλων	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Φυλλοβόλα Δάση Βελανιδιάς	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0	50	25	50	0	0	0	2.250
Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων	0	0	0	25	7.150	2.075	0	25	375	25	25	0	350	0	4.700	0	14.725
Μικτά Δάση	225	4.175	0	175	11.100	111.200	325	3.000	60.450	3.000	5.675	100	37.100	0	26.175	0	259.825
Πυκνοί Θαμνότυποι	75	0	0	0	0	25	0	125	250	125	875	0	575	0	25	0	2.100
Αραιοί Θαμνότυποι	0	0	0	0	0	0	0	25	100	25	575	0	175	75	0	0	1.275
Δασική Σαβάνα	400	550	0	25	1.200	14.575	925	8.975	103.975	8.975	30.425	175	55.125	250	5.275	0	225.350

Σαβάνα	0	25	0	0	0	150	50	225	1.400	225	2.700	0	375	0	0	0	6.025
Λιβάδια	0	0	0	0	0	175	50	475	2.825	475	62.625	0	17.500	100	425	0	89.100
Υγρότοποι	500	50	0	25	0	1.300	250	50	1.075	50	225	325	175	0	175	25	4.225
Ετήσιες καλλιέργειες	0	25	0	0	2.750	4.250	75	2.875	34.650	2.875	114.850	0	433.350	2.500	8.825	0	605.975
Αστικές περιοχές	100	0	0	0	0	0	0	0	250	0	875	25	2.250	11.350	25	0	14.975
Καλλιέργειες και φυσική βλάστηση	0	75	0	25	1.725	3.075	0	400	12.450	400	615	0	38.675	0	21.900	0	84.525
Αγρονη γη	25	0	0	0	0	25	0	0	0	0	75	0	325	0	0	0	450
ΣΥΝΟΛΟ:	5.250	7.075	25	350	21.475	146.150	2.100	16.650	226.525	16.650	226.000	1.225	589.275	14.275	68.200	25	1.339.475

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

Επανακατηγοριοποίηση CORINE με βάση τις κατηγορίες MODIS

Ονοματολογία κατηγοριών CORINE (Τρίτο επίπεδο)		Επανακατηγοριοποίηση CORINE με βάση τις κατηγορίες MODIS	Ονοματολογία κατηγοριών MODIS
1	Συνεχής αστικός ιστός	13	Αστικές περιοχές
2	Ασυνεχής αστικός ιστός	13	Αστικές περιοχές
3	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	13	Αστικές περιοχές
4	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	13	Αστικές περιοχές
5	Ζώνες λιμένων	13	Αστικές περιοχές
6	Αεροδρόμια	13	Αστικές περιοχές
7	Χώροι εξορύξεως ορυκτών	13	Αστικές περιοχές
8	Χώροι απορρίψεως απορριμμάτων	13	Αστικές περιοχές
9	Χώροι οικοδόμησης	13	Αστικές περιοχές
10	Περιοχές αστικού πρασίνου	13	Αστικές περιοχές
11	Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	13	Αστικές περιοχές
12	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	12	Ετήσιες καλλιέργειες
13	Μόνιμα αρδευόμενη γη	12	Ετήσιες καλλιέργειες
14	Ορυζώνες	12	Ετήσιες καλλιέργειες
15	Αμπελώνες	14	Καλλιεργούμενες εκτάσεις με παρουσία φυσικής

			βλάστησης
16	Οπωροφόρα δένδρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς	14	Καλλιεργούμενες εκτάσεις με παρουσία φυσικής βλάστησης
17	Ελαιώνες	14	Καλλιεργούμενες εκτάσεις με παρουσία φυσικής βλάστησης
18	Λιβάδια	10	Λιβάδια
19	Ετήσιες καλλιέργειες που σχετίζονται με μόνιμες καλλιέργειες	12	Ετήσιες καλλιέργειες
20	Σύνθετες καλλιέργειες	14	Καλλιεργούμενες εκτάσεις με παρουσία φυσικής βλάστησης
21	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης	14	Καλλιεργούμενες εκτάσεις με παρουσία φυσικής βλάστησης
22	Γεωργο-δασικές περιοχές	14	Καλλιεργούμενες εκτάσεις με παρουσία φυσικής βλάστησης
23	Δάσος πλατύφυλλων	4	Φυλλοβόλα Δάση Πλατύφυλλων
24	Δάσος κωνοφόρων	2	Αειθαλή δάση πλατύφυλλων
25	Μικτό δάσος	5	Μικτά Δάση
26	Φυσικοί βοσκότοποι	10	Λιβάδια
27	Θάμνοι και χερσότοποι	6	Πυκνοί Θαμνότοποι
28	Σκληροφυλλική βλάστηση	6	Πυκνοί Θαμνότοποι
29	Μεταβατικές δασώδεις	6	Πυκνοί

	και θαμνώδεις εκτάσεις		Θαμνότοποι
30	Παραλίες, αμμόλοφοι, Αμμουδιές	16	Άγωνα γη
31	Απογυμνωμένοι βράχοι	16	Άγωνα γη
32	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	16	Άγωνα γη
33	Αποτεφρωμένες εκτάσεις	16	Άγωνα γη
34	Παγετώνες και αέναο χιόνι	15	Χιόνι και πάγος
35	Βάλτοι στην ενδοχώρα	11	Υγρότοποι
36	Τυρφώνες	11	Υγρότοποι
37	Παραθαλάσσιοι βάλτοι	11	Υγρότοποι
38	Αλυκές	11	Υγρότοποι
39	Ζώνες που καλύπτονται από παλιρροιακά ύδατα	11	Υγρότοποι
40	Υδατορρέυματα	0	Νερό
41	Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	0	Νερό
42	Παράκτιες λιμνοθάλασσες	0	Νερό
43	Εκβολές ποταμών	0	Νερό
44	Θάλασσες και ωκεανοί	0	Νερό