

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ – ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΟΥ
ΧΩΡΟΥ

ΠΜΣ "Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος"

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ 2011-12

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΛΥΨΕΩΝ ΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΓΡΕΒΕΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Κ. ΠΕΡΑΚΗΣ

ΖΩΗ ΑΠΟΣΤΟΛΙΝΑ

ΒΟΛΟΣ, Ιούνιος 2012

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η προστασία και διαχείριση του περιβάλλοντος αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά ζητήματα που απασχολούν την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα τα τελευταία χρόνια. Η ανθρώπινη δραστηριότητα, ως γνωστό, διαταράσσει την ισορροπία των οικοσυστημάτων. Έτσι, σε περιπτώσεις όπου η επέκταση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε συνδυασμό με την έντασή τους δε ακολουθεί ένα ορθολογικό σχεδιασμό χρήσεων/καλύψεων γης, έχει ως συνέπεια την υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Η παρούσα ερευνητική εργασία πραγματεύεται την ανίχνευση αλλαγών καλύψεων γης στην ευρύτερη περιοχή των Γρεβενών. Η διερεύνηση πραγματοποιείται, μέσω της θεματικής διαχρονικής ανάλυσης των καλύψεων γης στην περιοχή, με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων, για το χρονικό διάστημα 1988-2000. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τα δεδομένα καλύψεων γης του προγράμματος CORINE LAND COVER για τα έτη 1990 και 2000 καθώς και δύο δορυφορικές εικόνες LANDSAT χρονολογών 1988 και 2000.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παραγωγή θεματικών χαρτών καλύψεων γης μέσω των δορυφορικών εικόνων, η ταξινόμηση των οποίων θα πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια των δεδομένων του προγράμματος CORINE LAND COVER. Τέλος η σύγκριση και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν μέσω της παραπάνω διαδικασίας, θα οδηγήσει σε πολύτιμα συμπεράσματα σχετικά με τις μεταβολές στις βασικές καλύψεις της περιοχής των Γρεβενών, μέσα στην προαναφερθείσα δωδεκαετία, μιας περιοχής με ευαίσθητα οικοσυστήματα μεγάλης περιβαλλοντικής σημασίας.

Η μέθοδος ταξινόμησης που χρησιμοποιήθηκε είναι η *Μέθοδος της Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood)* η οποία εφαρμόστηκε στις δορυφορικές εικόνες της περιοχής μελέτης και τα αποτελέσματά της συγκρίθηκαν με τα δεδομένα των CORINE 1990 και CORINE 2000.

Τα αποτελέσματα της πρώτης ταξινόμησης που εφαρμόστηκε, για 9 βιοφυσικές κατηγορίες καλύψεων γης, δεν ήταν ικανοποιητικά, για το λόγο αυτό η ταξινόμηση επαναλήφθηκε αρκετές φορές, για μικρότερο κάθε φορά αριθμό βιοφυσικών κατηγοριών, καταλήγοντας τελικά σε τρεις βασικές κατηγορίες καλύψεων γης της περιοχής, για τις οποίες γίνεται και η διαχρονική ανάλυση των μεταβολών τους.

Δεδομένου ότι η περιοχή είναι κατά ένα μεγάλο μέρος προστατευόμενη και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τη δωδεκαετία 1988-2000 δεν έχουν καταγραφεί φυσικές καταστροφές στην περιοχή που θα έφερναν αλλαγές στις καλύψεις, όπως για παράδειγμα μεγάλες πυρκαγιές ή πλημμύρες, δεν αναμενόταν η ανίχνευση μεγάλων αλλαγών στις

καλύψεις γης. Πράγματι τα αποτελέσματα της μελέτης έδωσαν πολύ μικρές μεταβολές μέσα στο χρονικό διάστημα που εξετάζουμε, γεγονός που καταδεικνύει την αναγκαιότητα της προστασίας των ευαίσθητων οικοσυστημάτων μέσω της ένταξής του σε δίκτυα προστασίας, όπως για παράδειγμα το δίκτυο Natura 2000.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Τηλεπισκόπηση, Χρήση / Κάλυψη Γης, Μέθοδοι Ταξινόμησης, CORINE, Δορυφορικές Εικόνες

ABSTRACT

Environmental protection as well as environmental management, are issues of at most importance which have troubled the global scientific community during the recent years. Key human activity is presumed to be a factor of disruption in the balance of ecosystems. Thus, environmental degradation is the result of the lack of land use / cover planning which foresees the expansive distribution of these human activities along with their intensity.

This paper provides for the detection of land cover changes in the wider region of Grevena. The research is carried out through thematic analysis of satellite information dated between 1988 and 2000, in the perspective of land cover changes. For this, CORINE LAND COVER data of the years 1990 and 2000 as well as two LANDSAT satellite images of the years 1988 and 2000 are used.

The purpose of this study is to produce land cover maps using satellite images, the classification of which will be carried out using CORINE LAND COVER data. The comparison and interpretation of the research results will lead to fundamental conclusions about the changes in land coverage of the region of Grevena within the twelve year period 1988 – 2000, a region which includes fragile ecosystems of great environmental importance.

The classification method being used is that of *Maximum Likelihood*, which was applied to satellite imagery of the study area. The results were then compared to those of the data analysis of the CORINE 1990 and CORINE 2000.

The results of the classification applied, at first for 9 biophysical classes of land coverage, were not satisfactory. For this, the process was repeated several times, each time for a smaller number of biophysical classes, eventually ending up categorizing the study area into three basic classes of land coverage, which were analyzed in the perspective of changes during the twelve year period (1998-2000).

Since the area is largely protected and the fact that there has not been any record of natural disaster in the region within the twelve year period 1988-2000 that could change its land coverage (such as fires or floods), it was not expected any major changes to be detected. Indeed, the results of the study showed very small changes in land coverage during the period, a fact which indicates the need for integrating the region's fragile ecosystems into protection networks, such as Natura 2000.

KEYWORDS: *Remote Sensing, Land Use / Cover, Classification Methods, CORINE, Satellite Imagery*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Αντικείμενο και Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας	1
1.2. Ανασκόπηση Ερευνών σε Αλλαγές Χρήσεων Γης	2
1.2.1. Διεθνής εμπειρία	2
1.2.2. Ελληνική εμπειρία	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ / ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	10
2.1. Τηλεπισκόπηση.....	10
2.2. Μέθοδοι Ταξινόμησης Χρήσεων Γης – Land Use Classification.....	11
2.2.1. Ομαδοποίηση με Κ – μέσες τιμές (K – Index).....	13
2.2.2. Μέθοδος ελάχιστης απόστασης (Minimum Distance).....	14
2.2.3. Μέθοδος Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood)	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΓΡΕΒΕΝΩΝ.....	17
3.1. Περιοχή Μελέτης	17
3.1.1. Παρουσίαση της Ευρύτερης Περιοχής	17
3.1.2. Ορισμός της Υπό Μελέτη Περιοχής	19
3.2. Μεθοδολογική Προσέγγιση.....	20
3.2.1. Γεωμετρικές Διορθώσεις Δορυφορικών Δεδομένων.....	20
3.2.2. Ορισμός Βιοφυσικών Κατηγοριών	21
3.2.3. Ορισμός Περιοχών Εκπαίδευσης.....	24
3.2.4. Δημιουργία Φασματικών Υπογραφών.....	25
3.2.5. Ταξινομήσεις.....	26
3.2.5.1. Ταξινόμηση 9 κατηγοριών	26
3.2.5.2. Ταξινόμηση 6 κατηγοριών	26
3.2.5.3. Ταξινόμηση 5 κατηγοριών	29

3.2.5.4.	Ταξινόμηση 4 κατηγοριών	31
3.2.5.5.	Ταξινόμηση 3 κατηγοριών	33
3.3.	Σύγκριση Καλύψεων Γης κατά CORINE και Ταξινομημένων Δορυφορικών Εικόνων	36
3.3.1.	Σύγκριση CORINE 1990 – Ταξινομημένης Δορυφορικής Εικόνας 1988	37
3.3.2.	Σύγκριση CORINE 2000 – Ταξινομημένης Δορυφορικής Εικόνας 2000	40
3.4.	Διαχρονική Ανάλυση Καλύψεων Γης	43
3.4.1.	Διαχρονική Ανάλυση Μέσω CORINE.....	43
3.4.2.	Διαχρονική Ανάλυση Μέσω Ταξινομημένων Δορυφορικών Εικόνων.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		51
4.1.	Συζήτηση.....	51
4.2.	Συμπεράσματα	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		62

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Κωδικοποίηση κατηγοριών κάλυψης γης στα όρια της περιοχής μελέτης βάσει του Corine Land Cover	21
Πίνακας 2. Επιφάνειες κάλυψης και ποσοστά επί της συνολικής της περιοχής μελέτης. .	22
Πίνακας 3. Ταξινόμηση φασματικών υπογραφών σε 9 κατηγορίες βάσει της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας.	24
Πίνακας 4. Ταξινόμηση φασματικών υπογραφών σε 6 κατηγορίες βάσει της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας.	27
Πίνακας 5. Ταξινόμηση φασματικών υπογραφών σε 5 κατηγορίες βάσει της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας.	29
Πίνακας 6. Ταξινόμηση φασματικών υπογραφών σε 4 κατηγορίες βάσει της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας.	31
Πίνακας 7. Ταξινόμηση φασματικών υπογραφών σε 3 κατηγορίες βάσει της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας.	33
Πίνακας 8. Διαχρονικές αλλαγές χρήσεων γης από το 1998 έως το 2000 μέσω ανάλυσης ταξινομημένων εικόνων CORINE	47
Πίνακας 9. Διαχρονικές αλλαγές χρήσεων γης από το 1998 έως το 2000 μέσω ανάλυσης ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων	50
Πίνακας 10. Διαχρονικές αλλαγές χρήσεων γης – Σύγκριση αποτελεσμάτων μέσω CORINE και μέσω ανάλυσης ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων	55

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Διάγραμμα Μοντέλου Αξιολόγησης Καταλληλότητας Χρήσεων Γης.....	5
Σχήμα 2. Διαδικασία Ομαδοποίησης των Κ-μέσων τιμών στην αυτόματη ταξινόμηση εικόνας.....	13
Σχήμα 3. Τρισδιάστατη Διανυσματική Απεικόνιση των τριών τιμών (G, R, NIR) για το έδαφος και τη βλάστηση	14
Σχήμα 4. Γράφημα φασματικών υπογραφών 9 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 1998.....	25
Σχήμα 5. Γράφημα φασματικών υπογραφών 9 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 2000.....	26
Σχήμα 6. Γράφημα φασματικών υπογραφών 6 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 1998.....	28
Σχήμα 7. Γράφημα φασματικών υπογραφών 6 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 2000.....	28
Σχήμα 8. Γράφημα φασματικών υπογραφών 5 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 1998.....	30
Σχήμα 9. Γράφημα φασματικών υπογραφών 5 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 2000.....	30
Σχήμα 10. Γράφημα φασματικών υπογραφών 4 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 1998.....	32
Σχήμα 11. Γράφημα φασματικών υπογραφών 4 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 2000.....	32
Σχήμα 12. Γράφημα φασματικών υπογραφών 3 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 1998.....	33
Σχήμα 13. Γράφημα φασματικών υπογραφών 3 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 2000.....	34

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Διεθνείς ομάδες μελέτης για τη παρατήρηση των αλλαγών χρήσεων γης	2
Εικόνα 2. Δορυφόρος Landsat	3
Εικόνα 3. Οργανισμός Κτηματολογίου & Χαρτογραφίσεων Ελλάδας στα πλαίσια της Οδηγίας INSPIRE.	8
Εικόνα 4. Καποδιστριακοί Δήμοι Νομού Γρεβενών	17
Εικόνα 5. Καλλικρατικοί Δήμοι Νομού Γρεβενών.....	19
Εικόνα 6. Ταξινομημένη δορυφορική εικόνα σε 3 κατηγορίες κάλυψης γης το έτος 1998	35
Εικόνα 7. Ταξινομημένη δορυφορική εικόνα σε 3 κατηγορίες κάλυψης γης το έτος 2000	35
Εικόνα 8. Ταξινομημένη εικόνα CORINE σε 3 κατηγορίες κάλυψης γης το έτος 1998	36
Εικόνα 9. Ταξινομημένη εικόνα CORINE σε 3 κατηγορίες κάλυψης γης το έτος 2000	36
Εικόνα 10. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 1988 με CORINE 1990 στην κατηγορία γεωργικών περιοχών	37
Εικόνα 11. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 1988 με CORINE 1990 στην κατηγορία δασικών εκτάσεων.....	38
Εικόνα 12. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 1988 με CORINE 1990 στη κατηγορία θαμνώδους βλάστησης.....	38
Εικόνα 13. Σύγκριση εικόνας CORINE 1990- ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 1988 στην κατηγορία γεωργικών περιοχών.....	39
Εικόνα 14. Σύγκριση εικόνας CORINE 1990- ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 1988 στην κατηγορία δασικών περιοχών	39
Εικόνα 15. Σύγκριση εικόνας CORINE 1990- ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 1988 στην κατηγορία θαμνώδους βλάστησης	40
Εικόνα 16. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 2000 με CORINE 2000 στην κατηγορία γεωργικών περιοχών	40
Εικόνα 17. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 2000 με CORINE 2000 στην κατηγορία δασικών εκτάσεων.....	41
Εικόνα 18. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 2000 με CORINE 2000 στην κατηγορία θαμνώδους βλάστησης.....	41

Εικόνα 19. Σύγκριση εικόνας CORINE 2000-ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 2000 στην κατηγορία γεωργικών περιοχών.....	42
Εικόνα 20. Σύγκριση εικόνας CORINE 2000-ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 2000 στην κατηγορία δασικών εκτάσεων	42
Εικόνα 21. Σύγκριση εικόνας CORINE 2000-ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 2000 στην κατηγορία θαμνώδους βλάστησης	43
Εικόνα 22. Συρρίκνωση γεωργικών περιοχών κατά τη δεκαετία 1990 – 2000 (CORINE)	44
Εικόνα 23. Συρρίκνωση δασικών εκτάσεων κατά τη δεκαετία 1990 – 2000 (CORINE)	44
Εικόνα 24. Συρρίκνωση θαμνώδους βλάστησης κατά τη δεκαετία 1990 – 2000 (CORINE)	45
Εικόνα 25. Αύξηση γεωργικών περιοχών κατά τη δεκαετία 1990 - 2000 (CORINE)	45
Εικόνα 26. Αύξηση δασικών εκτάσεων κατά τη δεκαετία 1990 - 2000 (CORINE)	46
Εικόνα 27. Αύξηση θαμνώδους βλάστησης κατά τη δεκαετία 1990 – 2000 (CORINE)	46
Εικόνα 28. Συρρίκνωση γεωργικών περιοχών κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές)	47
Εικόνα 29. Συρρίκνωση δασικών εκτάσεων κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές)	48
Εικόνα 30. Συρρίκνωση θαμνώδους βλάστησης κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές)	48
Εικόνα 31. Αύξηση γεωργικών περιοχών κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές) ...	49
Εικόνα 32. Αύξηση δασικών εκτάσεων κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές).....	49
Εικόνα 33. Αύξηση θαμνώδους βλάστησης κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές)	50
Εικόνα 34. Συρρίκνωση καλύψεων γης κατά τη περίοδο 1990-2000 (CORINE)	51
Εικόνα 35. Αύξηση καλύψεων γης κατά τη περίοδο 1990-2000 (CORINE)	51
Εικόνα 36. Συρρίκνωση καλύψεων γης κατά τη περίοδο 1988-2000 (δορυφορικές εικόνες)	53
Εικόνα 37. Αύξηση καλύψεων γης κατά τη περίοδο 1988-2000 (δορυφορικές εικόνες) ...	53
Εικόνα 38. Χάρτης Συρρίκνωσης Καλύψεων Γης στο Νομό Γρεβενών Μέσω Ταξινομημένων Δορυφορικών Εικόνων Κατά τη Περίοδο 1988-2000	57

Εικόνα 39. Χάρτης Συρρίκνωσης Καλύψεων Γης στο Νομό Γρεβενών Μέσω Εικόνων CORINE Κατά τη Περίοδο 1990-2000	58
Εικόνα 40. Χάρτης Αύξησης Καλύψεων Γης στο Νομό Γρεβενών Μέσω Ταξινομημένων Δορυφορικών Εικόνων Κατά τη Περίοδο 1988-2000	59
Εικόνα 41. Χάρτης Αύξησης Καλύψεων Γης στο Νομό Γρεβενών Μέσω Εικόνων CORINE Κατά τη Περίοδο 1990-2000	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αντικείμενο και Σκοπός της Διπλωματικής Εργασίας

Αντικείμενο της εργασίας είναι η διερεύνηση των διαχρονικών αλλαγών καλύψεων γης στην ευρύτερη περιοχή των Γρεβενών και η επίδραση αυτών στην ισορροπία των οικοσυστημάτων της. Η διερεύνηση αυτή θα βοηθήσει στον εντοπισμό του ρυθμού επέκτασης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και την ένταση αυτών. Έτσι, μπορεί να επισημάνει τις περιοχές εκείνες όπου θα πρέπει να εστιάσουν την προσοχή τους οι μελετητές, κατά το σχεδιασμό βραχυπρόθεσμης ή / και μακροπρόθεσμης διαχείρισης χρήσεων γης στη περιοχή.

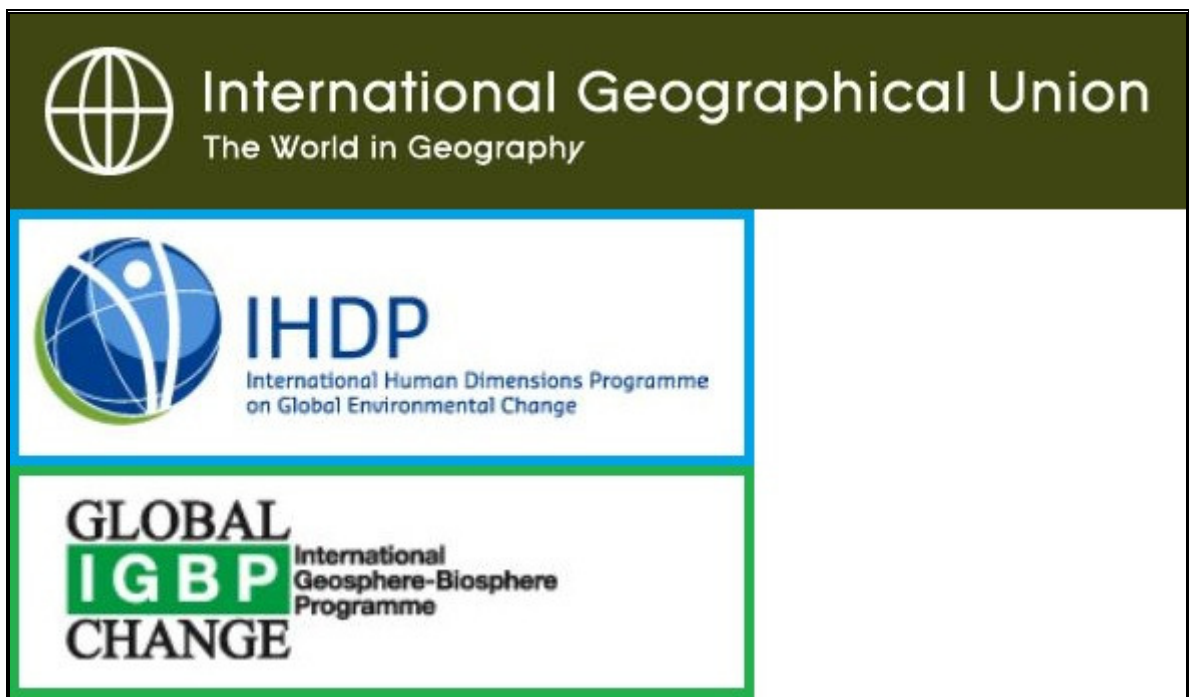
Η φυσιογνωμία της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από ορεινούς όγκους. Η συνολική έκταση του Νομού Γρεβενών είναι 2.290 km² και κατανέμεται σε Ορεινή ζώνη εμβαδού 1.268,3 km², (55,36%), Ημιορεινή εμβαδού 864,5 km² (37,74%) και Πεδινή εμβαδού 158 km² (6,90%) (ΕΣΥΕ). ο πρωτογενής τομέας αποτελεί τον βασικό τομέα οικονομικής δραστηριότητας. Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις καλύπτουν το 19,47% της συνολικής, ενώ το 33,61% της συνολικής έκτασης, χρησιμοποιείται για κτηνοτροφικούς σκοπούς (ΕΣΥΕ). Από την άλλη, η περιοχή περιλαμβάνει ένα σημαντικό αριθμό προστατευόμενων περιοχών που εντάσσονται στο Ευρωπαϊκό δίκτυο Natura 2000 (Εθνικός Δρυμός Πίνδου (GR1310002), Κορυφές Όρους Σμόλικα (GR2130002) κ.α.). Η κατάσταση διατήρησης των ορεινών οικοσυστημάτων της ευρύτερης περιοχής, υπέστη διακυμάνσεις ανάλογες με την ένταση και έκταση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που ασκήθηκαν. Μέχρι τον προηγούμενο αιώνα οι δραστηριότητες αυτές ήταν ως επί το πλείστον ήπιας και εκτατικής μορφής άρα πιο συμβατές με τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος και των στοιχείων που το απαρτίζουν. Μετά το 1950, η αστικοποίηση, οδήγησε στην εγκατάλειψη των ορεινών όγκων, αλλά και η χρήση πιο σύγχρονων μέσων εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων, διατάραξαν μια ισορροπία αιώνων (<http://www.callisto.gr/>). Οπότε, από την παραπάνω εικόνα της γενικότερης φυσιογνωμίας της περιοχής, κρίνεται αναγκαίος ένας ορθολογικός σχεδιασμός χρήσεων γης που να στηρίζεται σε δύο άξονες: την ανάπτυξη αλλά και τη διατήρηση του περιβάλλοντος.

Για τις ανάγκες της μελέτης γίνεται χρήση της - ευρείας εφαρμογών - επιστήμη της Τηλεπισκόπησης με τη συνδυαστική χρήση των λογισμικών ArcGIS 9.3 και Idrisi Andes. Για λόγους επεξεργασίας, η περιοχή μελέτης θα περιοριστεί στα διοικητικά όρια του νέου Καλλικρατικού δήμου Γρεβενών ο οποίος εκτείνεται στο δυτικό άκρο του νομού στα όρια με το νομό Ιωαννίνων.

1.2. Ανασκόπηση Ερευνών σε Αλλαγές Χρήσεων Γης

1.2.1. Διεθνής εμπειρία

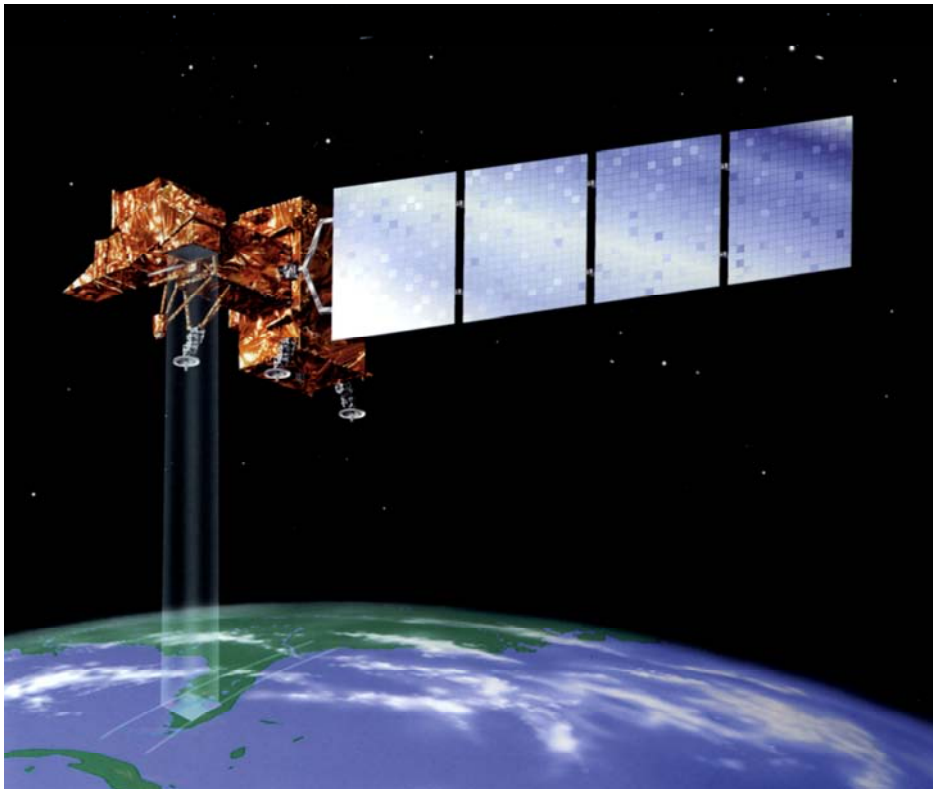
Πληροφορίες σχετικά με τις χρήσεις γης και τις διαχρονικές αλλαγές αυτών, τόσο σε εθνικό όσο και σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο, είναι ζωτικής σημασίας για τη μακροπρόθεσμη οικονομική ανάπτυξη και το σχεδιασμό βραχυπρόθεσμης διαχείρισης της γης. Ανά τα χρόνια έχουν σχηματιστεί πολλές διεθνείς ομάδες μελέτης για τη παρατήρηση των αλλαγών χρήσεων γης (land-use/land-cover study groups - LUCC) (Εικόνα 1) συμπεριλαμβανομένης της Διεθνούς Γεωγραφικής Ένωσης (International Geographical Union (IGU)), του Διεθνούς Προγράμματος Γεώσφαιρας - Βίοςφαιρας (International Geosphere–Biosphere Programme (IGBP)) και του Διεθνούς Προγράμματος Ανθρωπίνων Διαστάσεων (International Human Dimensions Programme (IHDP)) (J.-f. Chen & συν. 2007).



Εικόνα 1. Διεθνείς ομάδες μελέτης για τη παρατήρηση των αλλαγών χρήσεων γης
(Πηγή: <http://www.igu-online.org/>, <http://www.igbp.net/>, <http://www.ihdp.unu.edu/>)

Η μέθοδος έρευνας των αλλαγών χρήσεων γης με τη χρήση της Τηλεπισκόπησης εφαρμόστηκαν σε διάφορες χώρες παγκοσμίως. Οι J. και Y. Zhang 2007 παραθέτουν το χαρακτηριστικό παράδειγμα της Κίνας, όπου το 1980 διαμορφώθηκε ένα κυβερνητικό πρόγραμμα παρακολούθησης των αλλαγών χρήσεων γης στη βορειοδυτική Κίνα, χρησιμοποιώντας εικόνες από το δορυφόρο Landsat (J. Zhang, Y. Zhang, 2007). Τα αποτελέσματα της έρευνας συνετέλεσαν σε μία καρποφόρα συζήτηση γύρω από τη διαχείριση της γης και στην τελική διαμόρφωση ενός νομοθετικού πλαισίου, το Νόμο περί

Διαχείρισης της γης (Land Management Law) Έτσι, το 1986 συστάθηκε η Υπηρεσία Διαχείρισης της Γης (Land Administration Bureau) (J.-f. Chen & συν. 2007). Κατά το 1996 εξετάστηκαν χρονοσειρές δεδομένων αποτύπωσης του εδάφους από τον δορυφόρο Landsat (Εικόνα 2) δίνοντας έμφαση στην αστική επέκταση σε 17 μητροπολιτικές περιοχές συμπεριλαμβανομένου του Πεκίνου. Μέσω της έρευνας εκτέθηκαν πολλές περιπτώσεις καταπατήσεων καλλιεργήσιμης γης από παράνομες κατασκευές. Έτσι η κυβέρνηση της Κίνας κλήθηκε να σχεδιάσει και τελικά να εφαρμόσει αυστηρές πολιτικές προστασίας της καλλιεργούμενης γαίας. Η έρευνα αυτή συνεχίζεται μέχρι και σήμερα μέσω ενός εθνικού προγράμματος αποκαλούμενο ως «Εθνικό Πρόγραμμα Παρακολούθησης της Αλλαγής Χρήσεων Γης» (“Program of National Land Use Change”), παρέχοντας πληροφορίες για την αλλαγή χρήσεων γης σε εθνική κλίμακα με σκοπό την υποστήριξη της Κεντρικής Κυβέρνησης της Κίνας για τη χάραξη πολιτικών διαχείρισης της γης.



Εικόνα 2. Δορυφόρος Landsat

(Πηγή: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/images/media.html>)

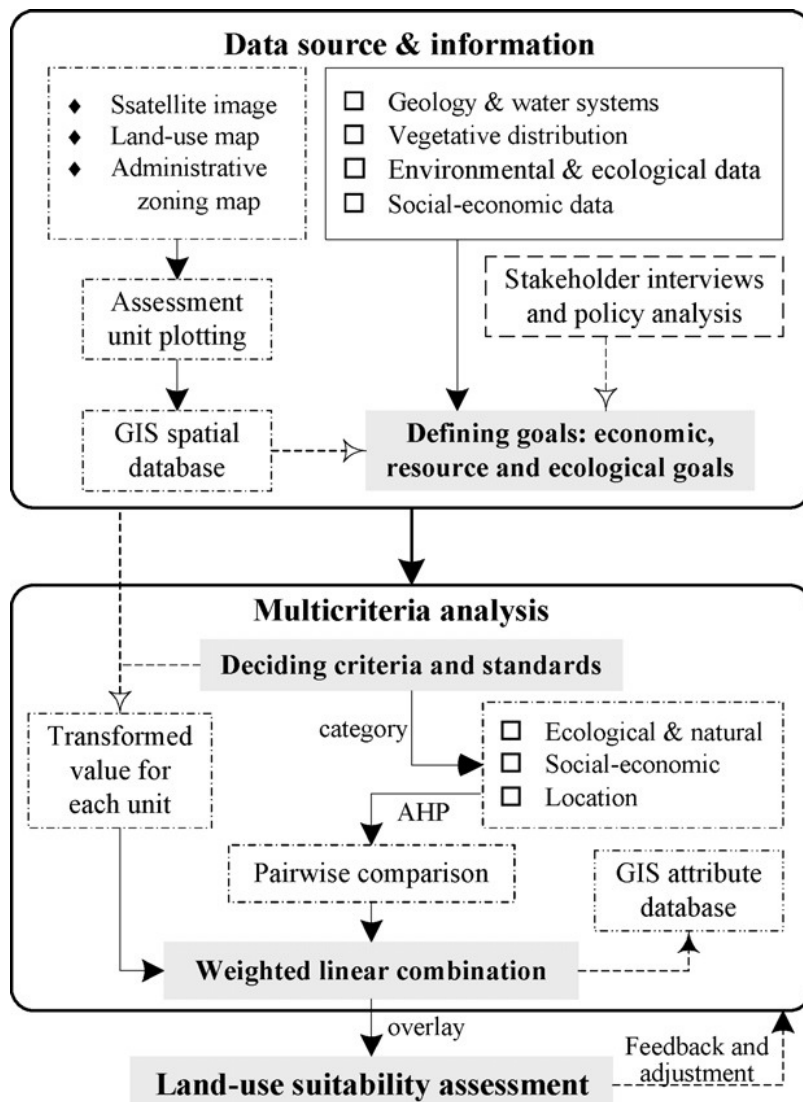
Ένα άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα έρευνας διαχρονικής αλλαγής χρήσεων γης με τη χρήση της τηλεπισκόπησης είναι αυτό των A. Wakeel a, K.S. Rao & συνεργατών (2005). Στην έρευνά τους εξετάζουν την ενδιάμεση υψομετρική ζώνη μίας τυπικής λεκάνης απορροής στη περιοχή Kuchgad των Κεντρικών Ιμαλαίων στην Ινδία, κατά τη περίοδο 1967–1997. Αναλύουν πιθανά χρονικά μοτίβα στις χρήσεις γης βασιζόμενοι και αυτοί στην

ερμηνεία δορυφορικών δεδομένων – εικόνων καθώς και στη χρήση συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών (G.I.S.). Τα αποτελέσματα της έρευνας τεκμηριώνουν επιστημονικά τον σχολιασμό για τις πολιτικές διαχείρισης της γης τις οποίες λαμβάνει το Κρατικό Δασικό Τμήμα της χώρας. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι δασικές εκτάσεις οι οποίες δεν ελέγχονται από το κράτος έχουν υποστεί καταπατήσεις γεωργικής χρήσης και παράλληλα οι κρατικά προστατευόμενες δασικές εκτάσεις κατά τη εξεταζόμενη περίοδο 1967 – '97 παρουσίασαν αύξηση της πυκνότητας και της συγκόμωσής τους. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη στασιμότητα εκμετάλλευσης των εκτεταμένων καταπατημένων εκτάσεων για μία ενδιάμεση περίοδο (1971 με 1991), καθότι λόγω της κατακράτησης από τα πυκνά δάση των κατακρημνισμάτων βροχοπτώσεων, καθίσταντο ακαλλιέργητες. Έτσι η έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η Κρατική εποπτεία των χρήσεων γης της περιοχής είναι μείζονος σημασίας για τη διαχείριση των της δασικών τοπίων.

Οι Alshuwaikhat και Nassef (1996) το '96 εισήγαγαν ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (G.I.S.) και λήψης αποφάσεων για τη διαχείριση των αστικών χρήσεων γης της πόλης Μπέις (Beish) στη Σαουδική Αραβία. Το σύστημα περιελάμβανε ένα πιθανό μοντέλο αστικής ανάπτυξης, ένα μοντέλο καταλληλότητας χρήσεων γης καθώς και μοντέλο εκχώρησης κατανομών των χρήσεων και όλο μαζί ήταν βασισμένο σε ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών (G.I.S.). Σε άλλες έρευνες γύρω από τη πρόβλεψη αλλαγής χρήσεων γης χρησιμοποιήθηκαν διάφορες μέθοδοι συμπεριλαμβανομένης της μοντελοποίησης δυναμικών συστημάτων, της ανάλυσης σεναρίων, του σχεδιασμού input-output, του εξομοιωτή διαχείρισης γης καθώς και της πρόβλεψης με τη βοήθεια νευρωνικών δικτύων. (Fischer and Sun, 2001; Pijanowski & συν., 2002; Yu και συν., 2003; He & συν., 2005; Tang & συν., 2005).

Έχουν γίνει επίσης πολλές προσπάθειες μοντελοποίησης της αξιολόγησης καταλληλότητας για τις εκάστοτε χρήσεις γης. Ένα παράδειγμα παρατίθεται στην έρευνα των Svoray, Bar, & συν (2005). Οι Svoray & συν. (2005) υποστηρίζουν ένα καθορισμένο σε στάδια μοντέλο αξιολόγησης της καταλληλότητας χρήσεων γης όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 1, το οποίο και περιγράφεται παρακάτω. Η έρευνά τους ξεκινά με την συλλογή δεδομένων από δορυφορικές εικόνες της επιφάνειας της γης, χάρτες χρήσεων γης και πληροφορίες σχετικά με τη διοικητική διαίρεση της μελετούμενης χωρικής ενότητας. Μεγάλη σημασία δόθηκε στην ανάλυση των εικόνων αυτών, καθότι όσο μεγαλύτερη η ανάλυση τόσο πιο αξιόπιστα ήταν τα αποτελέσματα της έρευνας. Τα δεδομένα αυτά εισήχθησαν στη συνέχεια σε ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών (G.I.S.) ως χαρτογραφικά επικαλυπτόμενα υπόβαθρα. Το ελάχιστο της μονάδας αξιολόγησης

καθορίστηκε βάση των παραπάνω δεδομένων. Στο επόμενο στάδιο της έρευνας εισήχθη η έννοια της πολυκριτηριακής ανάλυσης (multi-criteria method - MCA).



Σχήμα 1. Διάγραμμα Μοντέλου Αξιολόγησης Καταλληλότητας Χρήσεων Γης
 Πηγή: Y. Liu & συν., 2007

Τα κριτήρια αξιολόγησης καθορίστηκαν στα πλαίσια των στοιχείων που παρείχε η βιβλιογραφική ανασκόπηση καθώς και αυτών που αναδύθηκαν μέσα από συζητήσεις με άλλους ερευνητές και τοπικούς εμπειρογνώμονες. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε μία τεχνική MCA, αποκαλούμενη ως Αναλυτική Διαδικασία Ιεράρχησης (analytical hierarchy process - AHP), προκειμένου να διαμορφωθεί το σύστημα αξιολόγησης (Yang, Lee, 1997). Τοπικοί εμπειρογνώμονες σε θέματα διαχείρισης φυσικών πόρων, περιβαλλοντικής προστασίας υδάτινης οικολογίας, εμπορίου, πολεοδομικού σχεδιασμού, κοινωνικής ανάπτυξης και γεωλογίας κλήθηκαν να παρουσιάσουν τα συγκριτικά ζεύγη κριτηρίων για την ανάπτυξη

του πίνακα στάθμισής τους. Το βάρος (W_i) κάθε κριτηρίου υπολογίζεται από το μοντέλο AHP που παρουσιάζεται στο σχήμα 1. Τέλος, η συνολική βαθμολογία της καταλληλότητας χρήσης γης για την μονάδα αξιολόγησης (S_f) υπολογίστηκε με βάση την ακόλουθη εξίσωση:

$$S_f = \sum_{i=1}^n W_i P_i \quad (1.1)$$

Όπου το P_i αντιπροσωπεύει την αξία του εκάστοτε κριτηρίου βασιζόμενο στα ανταποκρινόμενα πρότυπα και n ο αριθμός των κριτηρίων. Η βαθμολογία των P εισάγεται στη βάση δεδομένων του συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών ώστε να απεικονιστούν τα αποτελέσματα. Η εφαρμογή του μοντέλου αυτού στη περιοχή της λίμνης Hanyang στη πόλη Wuhan (κεντρικό τμήμα της Κίνας) έδωσε σαφείς κατευθύνσεις για το χαρακτηρισμό συγκεκριμένων υποπεριοχών για κατοικία, εμπορική και τουριστική δραστηριότητα με γνώμονα τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας.

Έχουν διεξαχθεί αναρίθμητα case studies γύρω από τη προβληματική των αλλαγών χρήσεων γης από την οπτική της αειφόρου ανάπτυξης σε συνδυασμό με τη βιωσιμότητα και τη προστασία του περιβάλλοντος. Η λίστα ερευνών επεκτείνεται διαρκώς, καθώς προσελκύονται διάφοροι επιστημονικοί κλάδοι οι οποίοι διερευνούν το ζήτημα της αλλαγής χρήσεων γης από διάφορες σκοπιές τόσο της οικονομικής ανάπτυξης, της κοινωνικής επίδρασης όσο και στη προστασία του περιβάλλοντος κ.α.

1.2.2. Ελληνική εμπειρία

Μελέτες που χρησιμοποιούν δεδομένα δορυφορικών εικόνων και ορθοφωτοχαρτών σε Εθνικό επίπεδο διεξάγονται από διάφορους δημόσιους φορείς και σε διάφορους τομείς που περιγράφονται παρακάτω.

Για την παραγωγή υλικού αναγκαίου για τον προσδιορισμό χρήσεων γης στο δασικό χώρο και τον εφοδιασμό των περιφερειακών δασικών υπηρεσιών με το απαιτούμενο υλικό βάσης για την κατάρτιση όλων των δασοπονικών αναπτυξιακών μελετών, αναπτύχθηκαν κατά καιρούς, από την Γενική Γραμματεία Δασών & Φυσικού Περιβάλλοντος της δεκαετίας 1990, του τότε Υπουργείου Γεωργίας, τρία έργα Εθνικού επιπέδου απογραφής - χαρτογράφησης και ταξινόμησης των δασών και δασικών γαιών. Συγκεκριμένα ήταν:

- ✓ το έργο της απογραφής των δασών και δασικών εκτάσεων,
- ✓ το έργο της χαρτογράφησης των δασών και δασικών εκτάσεων και
- ✓ το έργο της ταξινόμησης των δασικών εδαφών.

Οι εργασίες του έργου της απογραφής ολοκληρώθηκαν το 1992, με την έκδοση των «Αποτελεσμάτων της Πρώτης Εθνικής Απογραφής Δασών». Στα πλαίσια του

προγράμματος της χαρτογράφησης, καταρτίστηκαν θεματικοί δασικοί χάρτες κλίμακας 1 : 20.000 (αναλογικοί ορθοφωτοχάρτες - γραμμικοί), που καλύπτουν τις σχετικές μελετητικές ανάγκες των Δασαρχείων της χώρας, οι αντιπυρικοί χάρτες της Αττικής και 28 έγχρωμοι θεματικοί χάρτες κλίμακας 1:200.000 (<http://www.minagric.gr/greek/2.5.6.2.html>)

Το πρόγραμμα της ταξινόμησης των δασικών γαιών της χώρας ξεκίνησε το 1979 και το 1997 ολοκληρώθηκαν οι εργασίες για τη συλλογή των στοιχείων υπαίθρου. Εξεδόθησαν χάρτες για το μεγαλύτερο μέρος της χώρας και συνεχίζεται η επεξεργασία των στοιχείων, προκειμένου να εκδοθούν και οι τελευταίοι χάρτες που αφορούν το έργο. (<http://www.minagric.gr/greek/2.5.6.2.html>)

Σκοπός του Εθνικού αυτού προγράμματος είναι η χαρτογράφηση και αξιολόγηση της ελληνικής γης, με τη συγκέντρωση πληροφοριών που θεωρούνται απαραίτητες για τον ορθολογικό σχεδιασμό των χρήσεων γης σε περιφερειακό και εθνικό επίπεδο. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού εφαρμόστηκε ένα σύστημα ταξινόμησης της γης, βασιζόμενο σε βιοφυσικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την παραγωγικότητά της υπό συνθήκες μεσογειακού κλίματος. Οι πληροφορίες που συγκεντρώνονται και παρουσιάζονται με το πρόγραμμα της ταξινόμησης των γαιών, συμβάλλουν στη βαθύτερη γνώση των οικολογικών συνθηκών μιας περιοχής, καθώς και στην επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων χρήσεως γης. Οι παραγόμενοι χάρτες είναι κλίμακας 1 : 50.000 και σε αυτούς περιγράφονται (<http://www.minagric.gr/greek/2.5.6.2.html>):

1. Το πέτρωμα (μητρικό υλικό) και το ανάγλυφο.
2. Το βάθος του εδάφους.
3. Η διάβρωση (χαραδρωτική).
4. Η κλίση του εδάφους.
5. Η ζώνη δασικής βλάστησης.
6. Η έκθεση ως προς τον ορίζοντα.
7. Η γαιοϊκανότητα για δασοπονία, λιβαδοπονία και γεωργία.

Από το 1993 μέχρι σήμερα χαρτογραφήθηκαν 237 φύλλα χάρτου στις παρακάτω περιοχές (<http://www.minagric.gr/greek/2.5.6.2.html>):

1. Δυτική Μακεδονία.
2. Κεντρική Μακεδονία.
3. Ανατολική Μακεδονία και Θράκη.
4. Ιόνια νησιά.
5. Νησιά Βορείου και Νοτίου Αιγαίου.
6. Κρήτη.

Εκτεταμένη χρήση δορυφορικών εικόνων και ορθοφωτοχαρτών γίνεται στον Οργανισμό Κτηματολογίου και χαρτογραφήσεων Ελλάδας (ΟΚΧΕ – Εικόνα 3). Ο ΟΚΧΕ αποτελεί τον Εθνικό Χαρτογραφικό Φορέα με αρμοδιότητες τη σύνταξη, τήρηση και ενημέρωση του ενιαίου κτηματολογίου Ελλάδας, τη γεωδαιτική κάλυψη της χώρας (σε σύστημα συντεταγμένων ΕΓΣΑ 87) την παραγωγή χαρτογραφικών δεδομένων καθώς και την αρωγή δημοσίων αρχών σε θέματα γεωπληροφορίας και γεωχωρικών δεδομένων (αναδασωτέες εκτάσεις, WEBGIS Δήμων κλπ.). Συστάθηκε στα πλαίσια της ενσωμάτωσης στο Εθνικό Δίκαιο, της Ευρωπαϊκής Οδηγίας INSPIRE (Εικόνα 4) στόχος της οποίας είναι η κοινή χρήση μίας ενιαίας βάσης γεωχωρικών δεδομένων για τα κράτη – μέλη της.



Εικόνα 3. Οργανισμός Κτηματολογίου & Χαρτογραφήσεων Ελλάδας στα πλαίσια της Οδηγίας INSPIRE.

Πηγή: <http://www.inspire.okxe.gr/>

Το Ινστιτούτο Διαστημικών Εφαρμογών & Τηλεπισκόπησης (ΙΔΕΤ) είναι επίσης ΝΠΔΔ το οποίο διαχειρίζεται και επεξεργάζεται δεδομένα δορυφορικών εικόνων. Το ΙΔΕΤ αποτελεί ένα από τα πέντε ερευνητικά ινστιτούτα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ). Στη δικαιοδοσία του ανήκει μία ομάδα τηλεπισκόπησης της οποίας βασική αποστολή είναι η αξιοποίηση της δορυφορικής τεχνολογίας στη παροχή πληροφοριών και υπηρεσιών προς φορείς λήψης αποφάσεων που θέλουν να γνωρίζουν τη δυναμική κατάσταση του περιβάλλοντος (<http://www.gsrt.gr/>). Το ΙΔΕΤ ιδρύθηκε το 1955 (Ν.Δ. 3350/1955) με την ονομασία «Ιονοσφαιρικό Ινστιτούτο» φτάνοντας το 1999 να μετονομαστεί (μετά από πολλές αλλαγές στο ενδιάμεσο) σε ΙΔΕΤ. Οι ερευνητικές δραστηριότητες στον τομέα της Παρατήρησης της Γης εστιάζονται στην ανάπτυξη νέων μεθόδων, αλγορίθμων και εργαλείων για την ανάλυση και επεξεργασία δεδομένων που προέρχονται από επίγειους, δορυφορικούς δέκτες που παρέχουν μετρήσεις σε διάφορες

περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Έρευνα γίνεται στην χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας για χαρτογραφήσεις μεγάλης κλίμακας. Τα βασικά θεματικά ερευνητικά πεδία αφορούν τη μελέτη αλλαγών στα οικοσυστήματα, καθώς και την ερμηνεία γεωφυσικών φαινομένων και διεργασιών που σχετίζονται με φυσικές καταστροφές, την ατμοσφαιρική και θαλάσσια ρύπανση. Παράλληλα, σημαντική συνιστώσα των επιστημονικών δραστηριοτήτων στον τομέα αυτό αποτελούν οι δραστηριότητες που σχετίζονται με τη συστηματική λήψη, αρχειοθέτηση και επεξεργασία δεδομένων τηλεπισκόπησης με στόχο (<http://www.space.noa.gr/>):

1. Τη συνεχή παρακολούθηση του περιβάλλοντος και την ανίχνευση γεγονότων που προέρχονται από φυσικά ή ανθρωπογενή αίτια και απειλούν με σημαντικές επιπτώσεις την ποιότητα της ζωής, την οικονομία μιας περιοχής, τα οικοσυστήματα, τις δασικές περιοχές, το θαλάσσιο περιβάλλον, την αγροτική ανάπτυξη, κλπ.
2. Τη συστηματική παροχή υπηρεσιών και πληροφοριών προς τους πολίτες και τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και άσκησης πολιτικής, σε θέματα φύλαξης του περιβάλλοντος, διαχείρισης φυσικών καταστροφών και των φυσικών διαθεσίμων και πόρων της γης καθώς και σε θέματα αντιμετώπισης κρίσιμων καταστάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ / ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

2.1. Τηλεπισκόπηση

Η επιστήμη της Τηλεπισκόπησης πραγματεύεται τη παρατήρηση και αντίληψη ή φαινομένων από απόσταση. Ορίζεται από τα εξής διακριτά στάδια: α) συλλογή δεδομένων/πληροφοριών γύρω από μία χωρική ενότητα, β) ανάλυση αυτών και γ) ερμηνεία των αποτελεσμάτων σχετικά με την αναγνώριση και τελικά τη μέτρηση των ιδιοτήτων της περιοχής μελέτης. Σήμερα υφίστανται διάφοροι μέθοδοι Τηλεπισκοπικών μετρήσεων από τις πλέον συμβατικές όπως η αεροφωτογραφία, μέχρι και λήψη δορυφορικών εικόνων. Οι εικόνες της επιφάνειας της γης λαμβάνονται με τη χρήση ψηφιακών σαρωτών που εντοπίζουν την αντανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της επιφάνειας και την αποδίδουν ως ψηφιακή εικόνα. Οι σαρωτές μπορεί να είναι εγκατεστημένοι σε τεχνητούς δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη ή να βρίσκονται σε αερομεταφερόμενα μέσα (αεροσκάφη, ελικόπτερα).

Τα επιτεύγματα της τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται τόσο στην καθημερινή μας ζωή όσο και σε πολύ εξειδικευμένα επιστημονικά πεδία. Η πρόγνωση του καιρού γίνεται αξιοποιώντας δεδομένα από μετεωρολογικούς δορυφόρους, η παγκόσμια κλιματική αλλαγή τεκμηριώνεται μέσω δορυφόρων που παρακολουθούν τη θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη κ.α. (<http://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεπισκόπηση>). Κάποιες άλλες ενδεικτικές εφαρμογές που βρίσκει η επιστήμη της Τηλεπισκόπησης είναι οι εξής (<http://www.isprs.org/publications/>):

- ✓ Παρακολούθηση ευαίσθητων οικοσυστημάτων, χαρτογραφώντας περιβαλλοντικά προβλήματα σε παγκόσμια κλίμακα, όπως συγκέντρωση αέριας ρύπανσης ή συγκεντρωμένης δραστηριότητα βαριάς βιομηχανίας η οποία ενδεχομένως να διοχετεύει απόβλητα σε οικολογικά ευαίσθητες περιοχές κ.ά.
- ✓ Η μελέτη της βλάστησης, όπως η παρακολούθηση της δυναμικής συμπεριφοράς αυτής μέσω του κύκλου ανάπτυξής της, καθώς και η μελέτη της υγείας της χλωρίδας.
- ✓ Παρατήρηση ωκεανών μέσω μετρήσεων θερμοκρασίας στη θαλάσσια επιφάνεια. Χαρτογράφηση του θαλάσσιου πυθμένα μέσω σύγχρονων τεχνολογιών κ.α.

- ✓ Ανίχνευση ορυκτών πόρων και κοιτασμάτων, μέσω μιας γεωλογικής χαρτογράφησης. Χαρτογραφούνται διάφορες γεωλογικές δομές τοπικής κλίμακας που πιθανόν να ελέγχουν κοιτάσματα. Χρησιμεύει επίσης και η χαρτογράφηση διαφόρων γραμμώσεων – οποιωνδήποτε γραμμικών στοιχείων που είναι ορατά στην εικόνα – σε περιφερειακή κλίμακα κατά μήκος των οποίων εμφανίζονται ορυκτά.
- ✓ Αποτίμηση του βαθμού φυσικών καταστροφών όπως για παράδειγμα πυρκαγιές, πλημμύρες, σεισμούς, κατολισθήσεις, ξηρασία, καταιγίδες, ανεμοστρόβιλους, παγετώνες. Η αποτίμηση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του σχεδιασμού αποκατάστασης των πληγέντων περιοχών.
- ✓ Συμβάλλει επιπλέον στον περιφερειακό σχεδιασμό και συγκεκριμένα μέσω του Κτηματολογίου. Το Κτηματολόγιο χρησιμοποιεί μεθόδους Τηλεπισκόπησης για σκοπούς καταγραφής των χρήσεων γης με σκοπό το σχεδιασμό της οριοθέτησης των ιδιοκτησιών και τον έλεγχο της χωρικής ανάπτυξης σε ένα εθνικό γεωγραφικό επίπεδο, συλλέγοντας πληροφορίες που λαμβάνονται από αεροφωτογραφίες και δορυφορικές εικόνες.

2.2. Μέθοδοι Ταξινόμησης Χρήσεων Γης – Land Use Classification

Η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει επηρεάσει την ισορροπία των οικοσυστημάτων με τέτοιο τρόπο ώστε να λειτουργεί εις βάρος τους. Ελάχιστες φορές η εκάστοτε δραστηριότητα διαχέεται χωρικά με τυχαίο τρόπο. Συνήθως οι βιομηχανικές δραστηριότητες εξαπλώνονται σε τοποθεσίες όπου υπάρχει αφθονία σε εκμεταλλεύσιμους ή εν δυνάμει εκμεταλλεύσιμους φυσικούς πόρους όπως οι υδάτινοι πόροι, ορυκτά υλικά, κοιτάσματα, δασικές εκτάσεις κτλ. Γεωργικές δραστηριότητες εξαπλώνονται σε τμήματα εύφορης γης. Άλλες περιπτώσεις συστηματικής χωρικής διάχυσης ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι οι χωρικές ενότητες εκείνες που ευνοούν την τουριστική δραστηριότητα όπως περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλους. Έτσι διαχρονικά παρατηρούνται διάφορες αλλαγές στις χρήσεις γης. Προκειμένου λοιπόν να εντοπιστούν διάφορα πρότυπα κατανομής χρήσεων γης απαραίτητη είναι η ταξινόμησή τους. Για τη διαδικασία αυτή η επεξεργασία δεδομένων δημοσίων αρχείων, τα οποία ανανεώνονται ανά μακρά χρονικά διαστήματα, δεν μπορεί να αποτυπώσει τη ενδιάμεση διαχρονική κατάσταση. Ως εκ τούτου τα δεδομένα από δορυφορικές εικόνες κρίνονται ως η πλέον αξιόπιστη πηγή για τη διαχρονική ανάλυση των αλλαγών χρήσεων γης.

Από το 1972, που για πρώτη φορά μπήκε σε τροχιά ο δορυφόρος Landsat, οι δορυφορικές εικόνες χρησιμοποιούνται εκτενώς για τη διερεύνηση διαχρονικών αλλαγών χρήσεων-καλύψεων γης. Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη διάκριση των βιοφυσικών

χαρακτηριστικών στην επιφάνεια της γης. Οι Anderson & συν. (1976) διαχωρίζουν τη χρήση γης από τη κάλυψή της. Υποστηρίζουν ότι η χρήση γης είναι η ανθρώπινη δραστηριότητα στην επιφάνειά της και παράλληλα ορίζουν την κάλυψη ως τη ταξινόμησή της στα διάφορα χαρακτηριστικά που τη συνθέτουν. Η προσέγγιση αυτή είναι πραγματικά βάσιμη ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές. Για παράδειγμα μία περιοχή που χαρακτηρίζεται ως χρήση κατοικίας, από την οπτική της κάλυψής της συντίθεται από διάφορα υλικά όπως ασφαλτο, κεραμίδια, ξύλο ή μέταλλο. Έτσι μία εικόνα μπορεί να χαρακτηρίζεται από διάφορες χρήσεις και η κάθε μία από αυτές να συντίθεται από διάφορα χαρακτηριστικά κάλυψης. Παρόλα αυτά όταν εξετάζονται θέματα περιβαλλοντικής διαχείρισης, η διερεύνηση της κάλυψης γης δεν είναι μείζονος σημασίας. Αυτό που διερευνάται σε τέτοιες περιπτώσεις είναι η χρήση της γης και η επιδράσεις αυτής στο φυσικό περιβάλλον.

Για να γίνει λοιπόν ο διαχωρισμός των χρήσεων γης και η καταχώρησή τους σε ομάδες ή τάξεις ακολουθείται η διαδικασία αντιστοίχησης τιμών φωτεινότητας των εικονοστοιχείων (pixels) από τα οποία συντίθεται αυτή, σε ομάδες που παρουσιάζουν την ίδια περίπου μορφή. Η διαδικασία αυτή γίνεται με βοήθεια λογισμικών ταξινομητών εικόνας όπως είναι το Idrisi Andes, το οποίο και χρησιμοποιείται στη παρούσα διπλωματική.

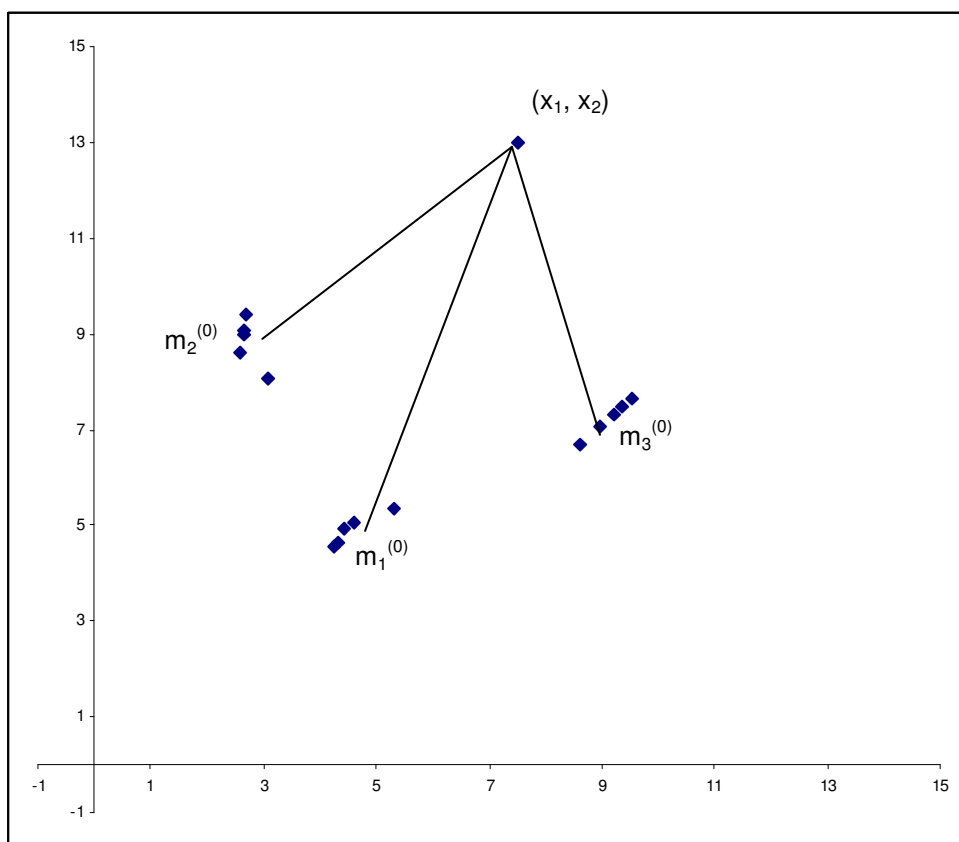
Η ευρεία έννοια της ταξινόμησης χωρίζεται σε δύο κατηγορίες (Μερτίκας, 1999): την *αυτόματη* και τη *καθοδηγούμενη*. Στην *αυτόματη ταξινόμηση* γίνεται μία φασματική κατηγοριοποίηση των εικονοστοιχείων όπου ο χρήστης δεν μπορεί να γνωρίζει οποιαδήποτε ιδιότητα ή πληροφορία σχετικά με το διαχωρισμό αυτό. Ουσιαστικά γίνεται μία χρωματική αντιστοίχηση των εικονοστοιχείων της εικόνας σε εδαφικές καλύψεις (νερό, δάσος κτλ.) Η γενική μεθοδολογία της *καθοδηγούμενης ταξινόμησης* μιας εικόνας ακολουθεί τα στάδια της στατιστικής ανάλυσης ταυτοποιημένων δειγμάτων που έχουν αντληθεί από επιτόπια καταγραφή, αεροφωτογραφίες, τοπογραφικά διαγράμματα κάλυψης κτλ. και στη συνέχεια καταχωρούνται και τα υπόλοιπα αταξινομητα εικονοστοιχεία σε κλάσεις. Για τις δύο αυτές μεγάλες κατηγορίες ταξινόμησης των εικόνων χρησιμοποιούνται διάφορες αλγοριθμικές μεθοδολογίες. Σε όλες τις περιπτώσεις είναι αναγκαίος ο ορισμός των πεδίων εκπαίδευσης των αλγορίθμων. Τα πεδία αυτά ορίζονται ως «περιοχές γνωστής φασματικής ταυτότητας που αποκαλύπτονται στη ψηφιακή εικόνα (π.χ. περιοχές νερού, δάσους κλπ.)» (Μερτίκας, 1999).

Οι αλγοριθμικές μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι αυτές της ομαδοποίησης με K μέσες τιμές (K index), της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood) και της ελάχιστης απόστασης (minimum distance measurement), ενώ στην παρούσα διπλωματική θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας .

2.2.1. Ομαδοποίηση με K – μέσες τιμές (K – Index)

Ο αλγόριθμος αυτός ανήκει στη κατηγορία της αυτόματης ταξινόμησης. Ονομάζεται και ως αλγόριθμος των μετακινούμενων μέσων τιμών των τάξεων. Στα παρακάτω περιγράφονται τα βήματα υπολογισμού του (Μερτίκας, 1999):

1. «Επιλέγονται K εικονοστοιχεία στον πολυφασματικό χώρο της εικόνας ως πιθανά κέντρα συσσώρευσης φασματικών τάξεων. Έστω ότι τα σημεία αυτά είναι: $m_i^{(0)} = 1, 2, 3, \dots, K$. Παρόλο που τα κέντρα αυτά των υποψηφίων φασματικών τάξεων $m_i^{(0)}$ επιλέγονται αυθαίρετα, συνίσταται η επιλογή τους να είναι κατά κάποιο τρόπο ομοιόμορφη στο χώρο της εικόνας (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Διαδικασία Ομαδοποίησης των K-μέσων τιμών στην αυτόματη ταξινόμηση εικόνας
Πηγή: Μερτίκας 1999

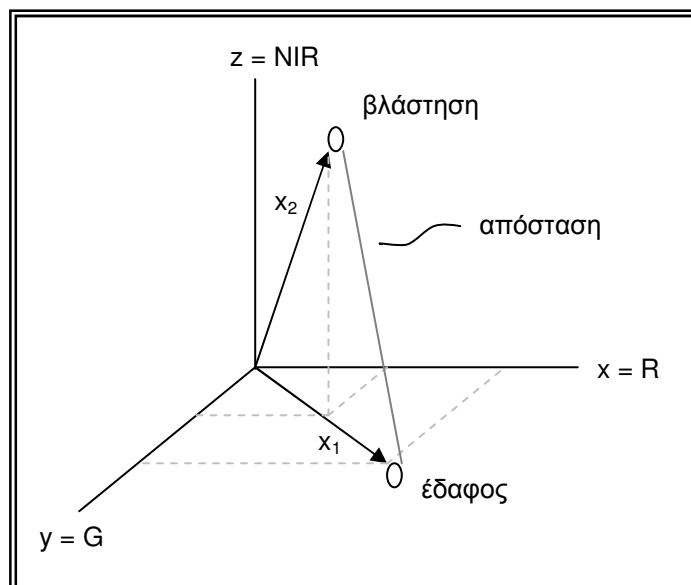
2. Κάθε ψηφίδα x της εικόνας καταχωρείται στο πλησιέστερο κέντρο συσσώρευσης της ομάδας σύμφωνα με τα προηγούμενα μέτρα της εγγύτητας των ψηφίδων, τα οποία εκφράζονται από τις αποστάσεις, όπως αυτές δόθηκαν παραπάνω.
3. Δημιουργείται ένα σύνολο κέντρων συσσωρεύσεων των ψηφίδων $m_i^{(n)}$ από το προηγούμενο βήμα 2.

4. Αν $|m_i^{(n)} - m_i^{(0)}| < \epsilon$, όπου ϵ είναι ένας μικρός αριθμός, τότε η διαδικασία ομαδοποίησης τερματίζεται, ειδάλως τίθεται $m_i^{(n)} = m_i^{(0)}$, επιστρέφουμε στο βήμα 2 και συνεχίζουμε την ομαδοποίηση των ψηφίδων.

Καθώς δημιουργούνται οι φασματικές ομάδες, ο αναλυτής καθορίζει ένα όριο ανοχής της φωτεινότητας, μέσα στα όρια του οποίου κινούνται τα ομοειδή εικονοστοιχεία της ίδιας ομάδας»... «Τελικά οι θέσεις των ψηφίδων στην εικόνα καθώς και οι φασματικές ιδιότητες του αποτελούν τα κριτήρια ταξινόμησής τους.».

2.2.2. Μέθοδος ελάχιστης απόστασης (Minimum Distance)

Για σκοπούς απλοποίησης της μεθόδου παρατίθεται ένα παράδειγμα εφαρμογής της σε μία εικόνα που ταξινομείται σε δύο μόνο ομάδες: το έδαφος και τη βλάστηση (Μερτίκας 1999). Ο αναλυτής διαχωρίζει τα δείγματα τιμών φασματικής ανακλαστικότητας για τη κάθε μία ομάδα, σε τρεις φασματικές ζώνες: το πράσινο (G), το ερυθρό (R) και το εγγύς υπέρυθρο (NIR). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί τις διανυσματικές μορφές (x_1, x_2) των δειγματικών τιμών, εκφραζόμενες τρισδιάστατα στις φασματικές ζώνες κατηγοριοποίησής τους (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Τρισδιάστατη Διανυσματική Απεικόνιση των τριών τιμών (G, R, NIR) για το έδαφος και τη βλάστηση
 Πηγή: Μερτίκας 1999

Από το παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι η απόσταση των δύο διανυσμάτων x_1 και x_2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο ομοιότητας και επομένως ταξινόμησης των ψηφίδων. Μπορεί κανείς να διαπιστώσει από το σχήμα επιπλέον ότι όσο πιο κοντά είναι τα δύο

σημεία (οι κορυφές των διανυσμάτων) τόσο πιο πιθανό είναι να ανήκουν στην ίδια κατηγορία και προφανώς να μη υπάρχει διάκριση μεταξύ τους.

Έτσι, στο παράδειγμα μας, το κάθε στοιχείο εντός των ψηφίδων της εικόνας, εκφράζεται στις προαναφερθέντες φασματικές ζώνες (G, R, NIR). Στη συνέχεια η κάθε ψηφίδα αντιστοιχίζεται στην ομάδα του εκάστοτε αντιπροσωπευτικού σημείου (κέντρο) για τη κλάση δείγματος, σχηματίζοντας τελικά τη ταξινόμηση της εικόνας.

2.2.3. Μέθοδος Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood)

Η μέθοδος αυτή κάνει χρήση της θεωρίας των πιθανοτήτων για να ένταξη τη κάθε ψηφίδα της εικόνας σε μία από τις τάξεις που έχουν καθοριστεί. Η μέθοδος ξεκινάει αφού έχει καθορίσει ο αναλυτής τις φασματικές τάξεις της εικόνας, έχοντας κάνει ταυτοποίηση των ομαδοποιημένων δειγμάτων (βλάστηση, νερό, κτλ) με μία διακριτή φασματική ζώνη για τη κάθε μία ομάδα. Στη συνέχεια της μεθόδου προσδίδεται στο κάθε εικονοστοιχείο μία φασματική τιμή. Προϋπόθεση για να είναι ακριβής η ταξινόμηση βάση της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας, είναι να υπάρχει επαρκής αριθμός δείγματος για το κάθε τύπο επιφανειακής κάλυψης. Έχοντας εξασφαλίσει την προϋπόθεση αυτή, ο αναλυτής μπορεί να κάνει εκτίμηση της συνάρτησης κατανομής για τον κάθε τύπο επιφανειακής κάλυψης.

Χάριν απλουστεύσεως της διαδικασίας γίνεται η προσπάθεια καθορισμού τάξης στην οποία ανήκει το διάνυσμα μιας και μόνο ψηφίδας x μιας εικόνας (Μερτίκας 1999):

«Στη προσπάθεια αυτή μας ενδιαφέρει η δεσμευμένη πιθανότητα η ψηφίδα x να ανήκει στη τάξη Ω_i :

$$P(\Omega_i | x), \quad i = 1, 2, \dots, K \quad (2.1)$$

Όπου K ο αριθμός των τάξεων

Δηλαδή, με την προϋπόθεση ότι βρέθηκε ψηφίδα με τιμή x , ζητείται να προσδιοριστεί “ποια είναι η πιθανότητα να ανήκει στη φασματική τάξη Ω_i ”. Για παράδειγμα αν έχει βρεθεί η τιμή της ψηφίδας $x = 54$, ζητείται να προσδιοριστεί ποια είναι η πιθανότητα να ανήκει στη φασματική τάξη “δάσος” και ποια στη φασματική τάξη “καλλιέργεια”. Επιλέγουμε την τάξη εκείνη που μεγιστοποιεί την πιθανοφάνεια, δεδομένης της πληροφορίας των στοιχείων ανάφορας (δείγματος).» ... «Έτσι ο κανόνας για τη λήψη μιας απόφασης για ταξινόμηση ενός στοιχείου x στην τάξη A και όχι στη B , έχει ως εξής:

$$x \in A \quad \text{αν} \quad P(A | x) > P(B | x), \quad \text{για όλα τα} \quad A \neq B \quad (2.2)$$

Η δεσμευμένη πιθανότητα στη παραπάνω σχέση (2.1) δεν είναι γνωστή. Παρόλα αυτά, θεωρήστε ότι διαθέτουμε επαρκή στοιχεία εκπαίδευσης για κάθε τύπο επιφανειακής κάλυψης. Άρα μπορούμε να εκτιμήσουμε τη συνάρτηση κατανομής για τον συγκεκριμένο τύπο επιφανειακής κάλυψης, που περιγράφει την πιθανότητα να βρεθεί ψηφίδα στη φασματική τάξη A. Αργότερα ο τύπος αυτής της συνάρτησης κατανομής γίνεται πιο συγκεκριμένος. Προς το παρόν όμως, ας θεωρήσουμε ότι η (δεσμευμένη) συνάρτηση κατανομής (2.2). προσδιορίζεται.

Σημειώστε εδώ ότι η συνάρτηση πιθανότητας είναι το αντίστροφο από ότι ζητείται να προσδιοριστεί. Η ζητούμενη $P(A | x)$ και η διαθέσιμη $P(x | A)$ δεσμευμένη πιθανότητα, όπως προσδιορίζεται από τα δεδομένα εκπαίδευσης, σχετίζονται με το θεώρημα του Bayes της Στατιστικής ως:

$$P(A | x) = [P(x | A) * P(A)] / P(x) \quad (2.3)$$

Όπου $P(A)$ είναι η πιθανότητα εμφάνισης της φασματικής τάξης A στην εικόνα».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΓΡΕΒΕΝΩΝ

3.1. Περιοχή Μελέτης

3.1.1. Παρουσίαση της Ευρύτερης Περιοχής

Ο νομός Γρεβενών είναι διοικητικά από τους νεότερους νομούς της Ελλάδας. Συγκροτήθηκε το 1964 με την απόσπαση της επαρχίας Γρεβενών από το νομό Κοζάνης καθώς και του δήμου Δεσκάτης και των κοινοτήτων Δασοχωρίου και Παρασκευής από το νομό Λάρισας.

Ο νομός Γρεβενών καταλαμβάνει το ΝΔ τμήμα της Δυτικής Μακεδονίας (Εικόνα 4) και συνορεύει βορειοδυτικά με το νομό Καστοριάς, βόρεια και βορειοανατολικά με το νομό Κοζάνης, ανατολικά με το νομό Λάρισας, νότια με το νομό Τρικάλων και νοτιοδυτικά και δυτικά με το νομό Ιωαννίνων.



Εικόνα 4. Καποδιστριακοί Δήμοι Νομού Γρεβενών
Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Η έκταση του νομού είναι περίπου 2.290 τετραγωνικά χιλιόμετρα και ο πληθυσμός του ανέρχεται σε 37.947, σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας από την απογραφή του 2001 (ΕΣΥΕ).

Το έδαφος του νομού είναι ως επί τω πλείστον ορεινό σε ποσοστό 55% και ημιορεινό σε ποσοστό 38%, ενώ οι πεδινές περιοχές καταλαμβάνουν μόνο το 7% της συνολικής έκτασης (ΕΣΥΕ). Ο κατακόρυφος διαμελισμός του νομού παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, εντυπωσιακά φαράγγια, βραχώδεις σχηματισμούς και πολλές κορυφές, με σημαντικότερες αυτές του Βούρινου, των Καμβουνίων, των Χασίων και της Βόρειας Πίνδου, όπου βρίσκονται και οι υψηλότερες κορυφές του νομού. Η οροσειρά εκτείνεται στο δυτικό τμήμα του νομού και μέχρι πριν από λίγα χρόνια αποτελούσε ένα αδιαπέραστο τείχος το οποίο δυσχέραινε την επικοινωνία με την Ήπειρο. Σήμερα, με τη λειτουργία της Εγνατίας Οδού όλα τα προβλήματα επικοινωνίας και πρόσβασης του νομού έχουν απαλειφτεί, τόσο προς την Ήπειρο όσο και προς την υπόλοιπη Μακεδονία.

Μετά την εφαρμογή του σχεδίου Καποδίστριας το 1999, οι 68 κοινότητες και οι δύο δήμοι του νομού Γρεβενών συνενώθηκαν σε οκτώ δήμους και επτά κοινότητες (Σχήμα 5). Η διοικητική αυτή διαίρεση διατηρήθηκε έως το 2010, οπότε με την εφαρμογή του σχεδίου Καλλικράτης όλοι οι δήμοι και οι κοινότητες του νομού Γρεβενών συνενώνονται διοικητικά σε δύο δήμους, το δήμο Δεσκάτης και το δήμο Γρεβενών. (<http://geodata.gov.gr/geodata/>)

Από τουριστική άποψη ο νομός Γρεβενών αναπτύχθηκε αρκετά την τελευταία δεκαπενταετία, με σημαντικότερους πόλους έλξης επισκεπτών τον Εθνικό Δρυμό της Πίνδου και το Εθνικό Χιονοδρομικό Κέντρο Βασιλίτσας. (<http://www.grevena.gov.gr/>)

Ο Εθνικός Δρυμός της Πίνδου ιδρύθηκε με το Βασιλικό Διάταγμα 487/1966 και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους Εθνικούς Δρυμούς της χώρας. Πρόκειται για μία απομονωμένη περιοχή στη Βόρεια Πίνδο συνολικής έκτασης 68.990 στρέμματα η οποία αποτελείται από τον πυρήνα, έκτασης 33.490 στρεμμάτων και την περιφερειακή ζώνη προστασίας, έκτασης 35.500 στρεμμάτων. Από το σύνολο της έκτασης του Εθνικού Δρυμού, τα 48.718 στρέμματα ανήκουν στο νομό Γρεβενών (ποσοστό 70,62%), ενώ τα υπόλοιπα 20.272 στρέμματα ανήκουν στο Νομό Ιωαννίνων (ποσοστό 29,38%). Καλύπτεται από πυκνά δάση Μαύρης – Λευκόδερμης Πεύκης και Οξιάς και αποτελεί καταφύγιο για πολλά είδη πουλιών (γύπας – βασιλαετός) και θηλαστικών (αρκούδα, αγριόγιδο, ζαρκάδι), ενώ ολόκληρη η περιοχή αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους βιότοπους για την καφέ αρκούδα. (<http://www.valiacalda.org.gr/>)



Εικόνα 5. Καλλικρατικοί Δήμοι Νομού Γρεβενών

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Το Εθνικό Χιονοδρομικό Κέντρο Βασιλίτσας βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του νομού, στην Βόρεια Πίνδο και απέχει 42 χιλιόμετρα από την πόλη των Γρεβενών. Λειτουργήσε για πρώτη φορά σαν Χιονοδρομικό Κέντρο Βασιλίτσας το 1975 από τον Χιονοδρομικό Ορειβατικό Σύλλογο, με κρατική χρηματοδότηση. Το 1991 ο Χιονοδρομικός Ορειβατικός Σύλλογος παραχώρησε την υποδομή του Χιονοδρομικού Κέντρου Βασιλίτσας στη Γενική Γραμματεία Αθλητισμού ώστε να συσταθεί το Εθνικό Χιονοδρομικό Κέντρο Βασιλίτσας ως Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου. Από τότε μέχρι και σήμερα το Εθνικό Χιονοδρομικό Κέντρο Βασιλίτσας αναβαθμίζεται και επεκτείνεται συνεχώς, δίνοντας μεγάλη ώθηση στην προσπάθεια για τουριστική ανάπτυξη του Νομού Γρεβενών. (<http://www.vasilitsa.com/>)

3.1.2. Ορισμός της Υπό Μελέτη Περιοχής

Η μελέτη θα περιοριστεί στα διοικητικά όρια του νέου Καλλικρατικού δήμου Γρεβενών ο οποίος εκτείνεται στο δυτικό άκρο του νομού στα όρια με το νομό Ιωαννίνων. Καθαρά για λόγους επεξεργασίας, η περιοχή μελέτης ορίζεται από το ορθογώνιο που δημιουργείται

μεταξύ των συντεταγμένων $X_{min}=240537,794m$, $X_{max}=308937,794m$, $Y_{min}=4412022,75m$, $Y_{max}=4458312,75m$, οι οποίες είναι τα ανώτατα και κατώτατα X και Y του διοικητικού ορίου του Καλλικρατικού δήμου Γρεβενών, μια περιοχή εμβαδού 316.418,4 στρεμμάτων.

3.2. Μεθοδολογική Προσέγγιση

3.2.1. Γεωμετρικές Διορθώσεις Δορυφορικών Δεδομένων

Για τη διαχρονική ανάλυση των καλύψεων γης στην περιοχή των Γρεβενών χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες του Θεματικού Χαρτογράφου Landsat (P/R: 185/032) διαφορετικών χρονοσειρών. Οι δορυφορικές εικόνες που επεξεργάστηκαν αφορούν τις χρονολογίες 1988, 2000, ενώ όλες απεικονίζουν την υπό μελέτη περιοχή την ίδια εποχή του χρόνου (τέλος Αυγούστου-αρχές Σεπτεμβρίου).

Η επεξεργασία και η απεικόνιση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τα λογισμικά ArcGis 9.3 και Idrisi Andes και επικουρικά χρησιμοποιήθηκε το Google Earth.

Οι δορυφορικές εικόνες της περιοχής εξασφαλίστηκαν δωρεάν μέσω της διεύθυνσης <http://glcfapp.glc.f.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>. και το όριο της περιοχής μελέτης δημιουργήθηκε με επεξεργασία χωρικών δεδομένων που διατίθενται στη διεύθυνση <http://geodata.gov.gr>.

Λόγω του γεγονότος ότι το προβολικό σύστημα που χρησιμοποιείται ευρέως στον Ελλαδικό χώρο είναι το προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ' 87, κρίθηκε αναγκαίο όλα τα δεδομένα, καθώς και το παραγόμενο μοντέλο, να αναφέρονται στο παραπάνω προβολικό σύστημα. Το σχηματικό αρχείο του ορίου αναφέρεται σε ΕΓΣΑ' 87, ενώ η δορυφορική εικόνα αναφέρεται στο Παγκόσμιο Προβολικό Σύστημα WGS' 84 και απαιτείται μετατροπή σε ΕΓΣΑ' 87 και γεωαναφορά με τη βοήθεια του ArcGis 9.3, βάσει σημείων γνωστών συντεταγμένων τα οποία εντοπίστηκαν μέσω του Google Earth.

Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν τα αρχεία raster του προγράμματος CORINE 1990 (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-1990-raster-1>) και CORINE 2000 (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2000-raster-1>), που διατίθενται δωρεάν από την ιστοσελίδα Ευρωπαϊκού Γραφείου Περιβάλλοντος. Από τα διαθέσιμα αρχεία επιλέχθηκαν αυτά με μέγεθος pixel 100×100m και τα οποία με τη βοήθεια του ArcGis 9.3 μετατράπηκαν σε αρχεία TIF με μέγεθος εικονοστοιχείου 30×30m, δεδομένου ότι θα πρέπει να είναι συμβατά με τις δορυφορικές εικόνες Landsat, με μέγεθος pixel 30×30m.

Ο μετασχηματισμός των αρχείων raster του CORINE 1990 και CORINE 2000 στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ' 87 έγινε με το πρόγραμμα ArcGis, με τη βοήθεια του

σηματικού αρχείου (shapefile) καλύψεων γης του Ελλαδικού χώρου για το έτος 2000, σύμφωνα με τα παραδοτέα του Ευρωπαϊκού προγράμματος CORINE, το οποίο αναφέρεται στο προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ' 87 και διατίθεται από την ιστοσελίδα Δημόσια Ανοικτά Δεδομένα (<http://geodata.gov.gr/>)

3.2.2. Ορισμός Βιοφυσικών Κατηγοριών

Για τις ανάγκες της μελέτης τα αρχεία των CORINE περιορίστηκαν στην περιοχή μελέτης, δηλαδή στο ορθογώνιο που δημιουργείται μεταξύ των συντεταγμένων $X_{min}=240537,794m$, $X_{max}=308937,794m$, $Y_{min}=4412022,75m$, $Y_{max}=4458312,75m$. Στην παραπάνω περιοχή, η ταξινόμηση του προγράμματος CORINE παρουσιάζει 21 κοινές κλάσεις, οι οποίες φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Πρέπει να σημειωθεί ότι όσον αφορά το CORINE 1990, εμφανίζονται οι 18 κατηγορίες και συγκεκριμένα απουσιάζουν οι καλύψεις με κωδικούς 122, 141 και 512 που αφορούν οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα, περιοχές αστικού πρασίνου και επιφάνειες στάσιμου ύδατος, ενώ στο CORINE 2000 παρουσιάζονται οι 20 καλύψεις, αφού δεν εμφανίζεται η κάλυψη με κωδικό 334 η οποία αφορά αποτεφρωμένες εκτάσεις.

Πίνακας 1. Κωδικοποίηση κατηγοριών κάλυψης γης στα όρια της περιοχής μελέτης βάσει του Corine Land Cover				
1ο επίπεδο	2ο επίπεδο	ΚΩΔ.	3ο επίπεδο	
ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	ΑΣΤΙΚΟΣ ΙΣΤΟΣ	111	Ασυνεχής αστικός ιστός	
	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ - ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ	122	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	
	ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΜΗ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΠΡΑΣΙΝΟΥ	141	Περιοχές αστικού πρασίνου	
ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ	211	Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	
	ΜΟΝΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ	221	Αμπελώνες	
	ΛΙΒΑΔΙΑ	231	Λιβάδια	
	ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ		242	Σύνθετες καλλιέργειες
			243	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης
ΔΑΣΗ ΚΑΙ ΗΜΙΦΥΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΔΑΣΗ	311	Δάσος πλατύφυλλων	
		312	Δάσος κωνοφόρων	
		313	Μικτό δάσος	
	ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΘΑΜΝΩΔΟΥΣ Η/ΚΑΙ		321	Φυσικοί βοσκότοποι
			322	Θάμνοι και χερσότοποι

Πίνακας 1. Κωδικοποίηση κατηγοριών κάλυψης γης στα όρια της περιοχής μελέτης βάσει του Corine Land Cover			
1ο επίπεδο	2ο επίπεδο	ΚΩΔ.	3ο επίπεδο
	ΠΟΩΔΟΥΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ	323	Σκληροφυλλική βλάστηση
		324	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις
	ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Ή ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΤΗΣΗ	331	Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές
		333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση
		334	Αποτεφρωμένες εκτάσεις
ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ	ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ ΕΝΔΟΧΩΡΑΣ	411	Βάλτοι στην ενδοχώρα
ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	ΧΕΡΣΑΙΑ ΥΔΑΤΑ	511	Υδατορρεύματα
		512	Επιφάνειες στάσιμου ύδατος

Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Η παρουσία της κάθε κατηγορίας κάλυψης γης στα όρια της περιοχής μελέτης, τόσο σε απόλυτους αριθμούς όσο και σε ποσοστό επί της συνολικής επιφάνειας δίνεται στον πίνακα.

Πίνακας 2. Επιφάνειες κάλυψης και ποσοστά επί της συνολικής της περιοχής μελέτης.					
ΚΩΔ.	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΛΥΨΗΣ	CORINE 1990 ΕΚΤΑΣΗ(στρ.)	CORINE 1990 %	CORINE 2000 ΕΚΤΑΣΗ(στρ.)	CORINE 2000 %
111	Ασυνεχής αστικός ιστός	819,63	0,26	819,63	0,26
122	Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	0	0	185,31	0,06
141	Περιοχές αστικού πρασίνου	0	0	187,11	0,06
211	Μη αρδευόμενη άρδισιμη γη	49.136,76	15,52	49.006,98	15,48
221	Αμπελώνες	141,66	0,04	141,66	0,04
231	Λιβάδια	819,99	0,26	819,99	0,26
242	Σύνθετες καλλιέργειες	3.528,36	1,11	3.528,36	1,11
243	Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης	38.826,99	12,26	38.772,27	12,25
311	Δάσος	64.700,91	20,43	63.022,41	19,9

Πίνακας 2. Επιφάνειες κάλυψης και ποσοστά επί της συνολικής της περιοχής μελέτης.					
ΚΩΔ.	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΛΥΨΗΣ	CORINE 1990 ΕΚΤΑΣΗ(στρ.)	CORINE 1990 %	CORINE 2000 ΕΚΤΑΣΗ(στρ.)	CORINE 2000 %
	πλατύφυλλων				
312	Δάσος κωνοφόρων	37.945,98	11,98	37.652,67	11,89
313	Μικτό δάσος	19.939,59	6,3	19.851,21	6,27
321	Φυσικοί βοσκότοποι	27.531,54	8,7	26.492,31	8,37
322	Θάμνοι και χερσότοποι	153,18	0,05	153,18	0,05
323	Σκληροφυλλική βλάστηση	17.544,87	5,54	17.400,51	5,5
324	Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	50.027,58	15,8	52.627,41	16,62
331	Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές	843,93	0,27	843,93	0,27
333	Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	3.202,74	1,01	3.170,7	1
334	Αποτεφρωμένες εκτάσεις	67,86	0,02	0	0
411	Βάλτοι στην ενδοχώρα	266,13	0,08	266,13	0,08
511	Υδατορρεύματα	1.123,2	0,35	1.120,5	0,35
512	Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	0	0	561,33	0,18

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης και μετά από επεξεργασία στο IDRISI TAIGA, ενοποιώντας παρόμοιες κλάσεις με μικρή παρουσία στην περιοχή μελέτης καταλήξαμε σε 9 κατηγορίες οι οποίες προέκυψαν ως εξής: όλες οι υποκατηγορίες της κατηγορίας 1 ενοποιήθηκαν στο πρώτο επίπεδο, δημιουργώντας την κατηγορία «Τεχνητές επιφάνειες». Η υποκατηγορία «Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη», λόγω του μεγέθους της, έμεινε αμετάβλητη στο 3ο επίπεδο, ενώ οι υποκατηγορίες 242 και 243 ενοποιήθηκαν σε δεύτερο επίπεδο, δημιουργώντας την κατηγορία «Ετερογενείς γεωργικές περιοχές» και απορροφώντας τις υποκατηγορίες 221 και 231, δεδομένου ότι η παρουσία τους είναι πολύ μικρή. Οι τρεις υποκατηγορίες των δασών έμειναν αμετάβλητες στο 3ο επίπεδο κατηγοριοποίησης, λόγω του μεγέθους τους, σε αντίθεση με τις υποκατηγορίες 321, 322, 323, και 324 οι οποίες ενώθηκαν στο 2ο επίπεδο, δημιουργώντας την κατηγορία «περιοχές με θαμνώδη ή και ποώδη βλάστηση». Τέλος, οι υποκατηγορίες 331, 333 και

334 ενώθηκαν δημιουργώντας τη κατηγορία «Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση» και οι 411, 511, και 512 δημιουργώντας την κατηγορία «Υδατορεύματα».

Με την παραπάνω διαδικασία, οι κλάσεις στις οποίες καταλήγουμε, βάσει των οποίων θα γίνει και η ταξινόμηση των δορυφορικών εικόνων, καθώς και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3. Ταξινόμηση φασματικών υπογραφών σε 9 κατηγορίες βάσει της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας.				
ΚΩΔ.	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	CORINE 1990 %	CORINE 2000 %
1	ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ	112+122+141	0.26%	0.38%
2	ΜΗ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗ ΑΡΩΣΙΜΗ ΓΗ	211	15.53%	15.48%
3	ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	221+231+242+243	13.68%	13.66%
4	ΔΑΣΟΣ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ	311	20.44%	19.91%
5	ΔΑΣΟΣ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	312	11.98%	11.89%
6	ΜΙΚΤΟ ΔΑΣΟΣ	313	6.30%	6.27%
7	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	321+322+323+324	30.08%	30.53%
8	ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Ή ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	331+333+334	1.30%	1.27%
9	ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΑ	411+511+512	0.44%	0.61%

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

3.2.3. Ορισμός Περιοχών Εκπαίδευσης

Πριν προχωρήσουμε στη διαδικασία της ταξινόμησης, δηλαδή στη διαδικασία καταχώρησης του κάθε εικονοστοιχείου των δορυφορικών εικόνων Landsat που διαθέτουμε σε κάποια από τις 9 κατηγορίες που ορίστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, με βάση τη φασματική δομή του εικονοστοιχείου, είναι απαραίτητος ο ορισμός των περιοχών εκπαίδευσης (training sites).

Οι περιοχές εκπαίδευσης (training sites) κατά τον Συλλαίο ή αλλιώς τα πεδία εκπαίδευσης (training fields) κατά τον Μερτίκα είναι περιοχές γνωστής φασματικής ταυτότητας που αποκαλύπτονται στην ψηφιακή εικόνα. Οι περιοχές αυτές συνήθως ορίζονται από τις κορυφές πολυγώνων με στόχο να προσδιοριστεί ένα σύνολο ψηφίδων της εικόνας το οποίο αντιπροσωπεύει επακριβώς μια φασματική τάξη (μέση τιμή,

διασπορά, συσχέτιση), που παρουσιάζεται στην εικόνα. (Μερτίκας, σελ. 396). Επομένως ο καθορισμός των περιοχών εκπαίδευσης αφορά τον ορισμό αντιπροσωπευτικών περιοχών στην περιοχή μελέτης, των οποίων γνωρίζουμε τις καλύψεις, όπου θα «εκπαιδευτεί» ο ταξινομητής πριν την ταξινόμηση.

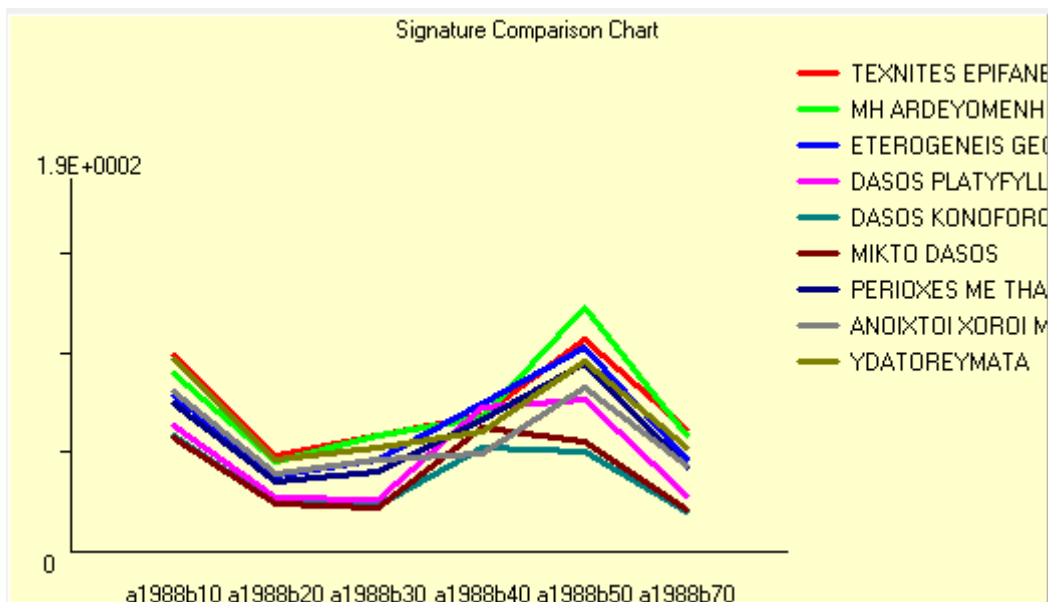
Στην προκειμένη περίπτωση οι περιοχές εκπαίδευσης θα οριστούν με ψηφιοποίηση επί της οθόνης, με βάση τα δεδομένα καλύψεων του CORINE 1990, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν για την ταξινόμηση της δορυφορικής εικόνας του 1988, δεδομένου ότι είναι πολύ κοντά χρονικά, και του CORINE 2000 για την ταξινόμηση της δορυφορικής εικόνας με χρονολογία 2000.

3.2.4. Δημιουργία Φασματικών Υπογραφών

Χρησιμοποιώντας τις περιοχές εκπαίδευσης που δημιουργήθηκαν με βάση τα δεδομένα καλύψεων γης των CORINE 1990 και 2000 και με τη βοήθεια του IDRISI Taiga, δημιουργήθηκαν οι φασματικές υπογραφές για κάθε κατηγορία κάλυψης όπως αυτές ορίστηκαν παραπάνω. (K. Perakis et al. 2000)

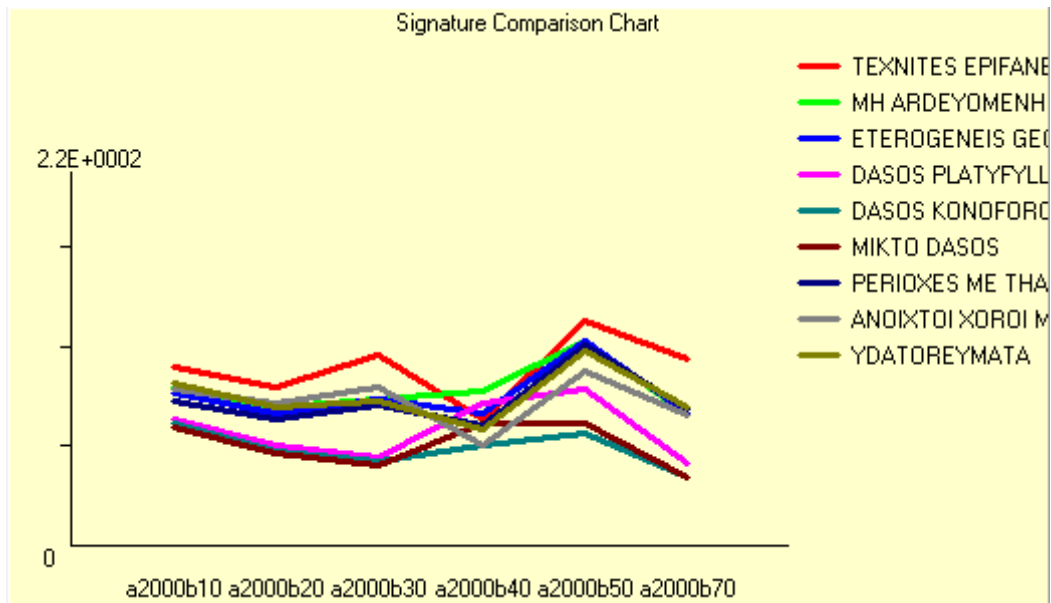
Αξίζει να σημειωθεί ότι ο δορυφόρος Landsat καταγράφει σε 6 φασματικούς διαύλους (ο θερμικός φασματικός δίαυλος εξαιρείται) οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση των φασματικών υπογραφών της κάθε κλάσης.

Το γράφημα των φασματικών υπογραφών της κάθε μιας από τις 9 κατηγορίες κάλυψης τόσο για την δορυφορική εικόνα του 1988 όσο και για τη δορυφορική εικόνα του 2000 αντίστοιχα φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 4. Γράφημα φασματικών υπογραφών 9 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 1988

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Σχήμα 5. Γράφημα φασματικών υπογραφών 9 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 2000

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

3.2.5. Ταξινομήσεις

3.2.5.1. Ταξινόμηση 9 κατηγοριών

Για την ταξινόμηση των δορυφορικών εικόνων του 1988 και του 2000 στις παραπάνω 9 κατηγορίες, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας. Τα αποτελέσματα της μεθόδου δεν ήταν ιδιαίτερα ικανοποιητικά, αφού από την εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης, μέσω του δείκτη K, προέκυψε ότι τα εικονοστοιχεία που ταξινομήθηκαν στις ίδιες κατηγορίες μ' αυτές του CORINE φτάνουν σε ποσοστό 33% για την ταξινομημένη εικόνα του 1988 και μόλις στο 29% για την αντίστοιχη του 2000.

Λόγω της πολύ μικρής ταύτισης του CORINE με τις ταξινομημένες δορυφορικές εικόνες του 1988 και του 2000, κρίθηκε απαραίτητη η μείωση των βιοφυσικών κατηγοριών σε λιγότερες, ώστε να βελτιωθεί η ακρίβεια της ταξινόμησης.

3.2.5.2. Ταξινόμηση 6 κατηγοριών

Μελετώντας τον παραγόμενο χάρτη των καλύψεων που προέκυψε με την παραπάνω διαδικασία, παρατηρήθηκε ότι οι ψηφίδες που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία 1 ως «τεχνητές επιφάνειες» μπερδεύονται με ψηφίδες που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία 8 ως «ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση» και με εικονοστοιχεία που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία 9 ως «υδατορεύματα». Αυτό πιθανά συμβαίνει διότι τα ποτάμια στο νομό Γρεβενών αφενός δεν έχουν μεγάλο πλάτος και αφετέρου στο τέλος του καλοκαιριού ο όγκος του νερού μειώνεται αισθητά αποκαλύπτοντας βράχια και

δημιουργώντας ανοιχτούς χώρους. Υπό αυτές τις συνθήκες πιθανά έχουμε μεγάλο αριθμό μικτών εικονοστοιχείων τα οποία δημιουργούν πρόβλημα στην ταξινόμηση. (Σταθάκης κ.α, 2008) Για τους παραπάνω λόγους και δεδομένου ότι οι κατηγορίες αυτές έχουν πολύ μικρή έκταση στη συνολική επιφάνεια, αποφασίστηκε οι τρεις αυτές βιοφυσικές κατηγορίες να ενωθούν και να παραμείνει στην νέα ταξινόμηση η νέα κατηγορία 1 με ονομασία «ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση» όπως φαίνεται στον πίνακα.

Επιπλέον, οι δύο κατηγορίες «μη αρδευόμενη αρόσιμη γη» και ετερογενείς γεωργικές περιοχές με κωδικούς 2 και 3 αντίστοιχα, οι οποίες αποτελούν υποκατηγορίες των γεωργικών περιοχών κατά την ταξινόμηση του CORINE, αποφασίστηκε να ενοποιηθούν, δημιουργώντας τη νέα κατηγορία «γεωργικές περιοχές» με κωδικό 2.

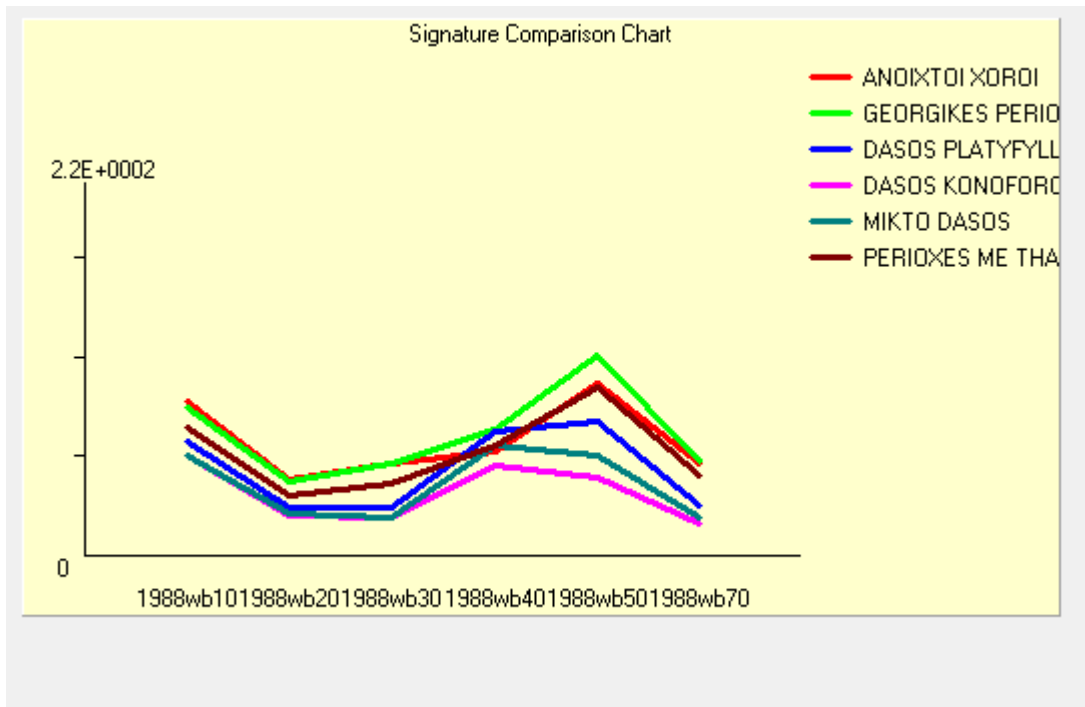
Μετά τις παραπάνω αλλαγές νέα ταξινόμηση θα πραγματοποιηθεί σε 6 κατηγορίες, όπως αυτές φαίνονται στον πίνακα.

Πίνακας 4. Ταξινόμηση φασματικών υπογραφών σε 6 κατηγορίες βάσει της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας.

ΚΩΔ.	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	CORINE 1990 %	CORINE 2000 %
1	ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΧΩΡΟΙ ΜΕ ΛΙΓΗ Ή ΚΑΘΟΛΟΥ ΒΛΑΤΗΣΗ	1 + 8 +9	0,02	0,0226
2	ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2 + 3	0,2921	0,2914
3	ΔΑΣΟΣ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ	4	0,2044	0,1991
4	ΔΑΣΟΣ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	5	0,1198	0,1189
5	ΜΙΚΤΟ ΔΑΣΟΣ	6	0,063	0,0627
6	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	7	0,3008	0,3053

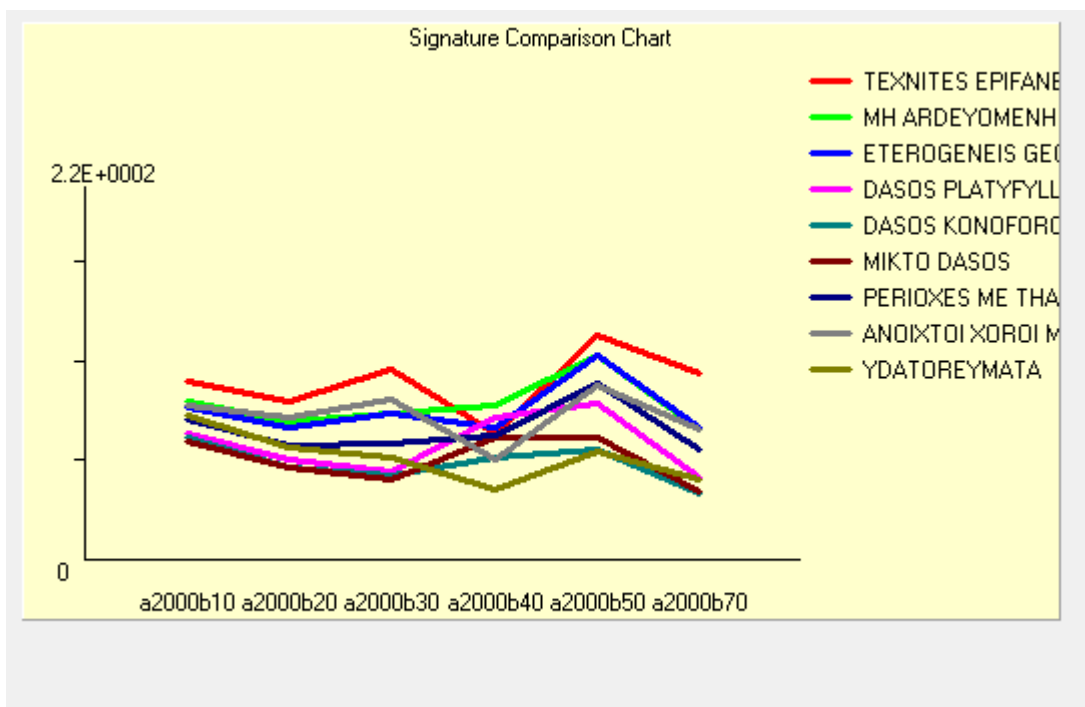
Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Με τις παραπάνω έξι κατηγορίες επαναλήφθηκαν τα βήματα 3.2.3, 3.2.4, και 3.2.5 καθώς και η ταξινόμηση των δορυφορικών εικόνων, εφαρμόζοντας εκ νέου την Μέθοδο της Μέγιστης Πιθανοφάνειας. Οι φασματικές υπογραφές των παραπάνω κατηγοριών, με βάση τις νέες περιοχές εκπαίδευσης που ορίστηκαν με βάση τα δεδομένα των CORINE 1990 και CORINE 2000, φαίνονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



Σχήμα 6. Γράφημα φασματικών υπογραφών 6 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 1998

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Σχήμα 7. Γράφημα φασματικών υπογραφών 6 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 2000

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Τα αποτελέσματα της ταξινόμησης των δύο δορυφορικών εικόνων εμφάνισαν μια μικρή βελτίωση, αφού ο δείκτης K έδειξε ταύτιση της ταξινόμησης του CORINE με τις αντίστοιχες των δορυφορικών εικόνων του 1988 και 2000 σε ποσοστό 39% και 36% αντίστοιχα.

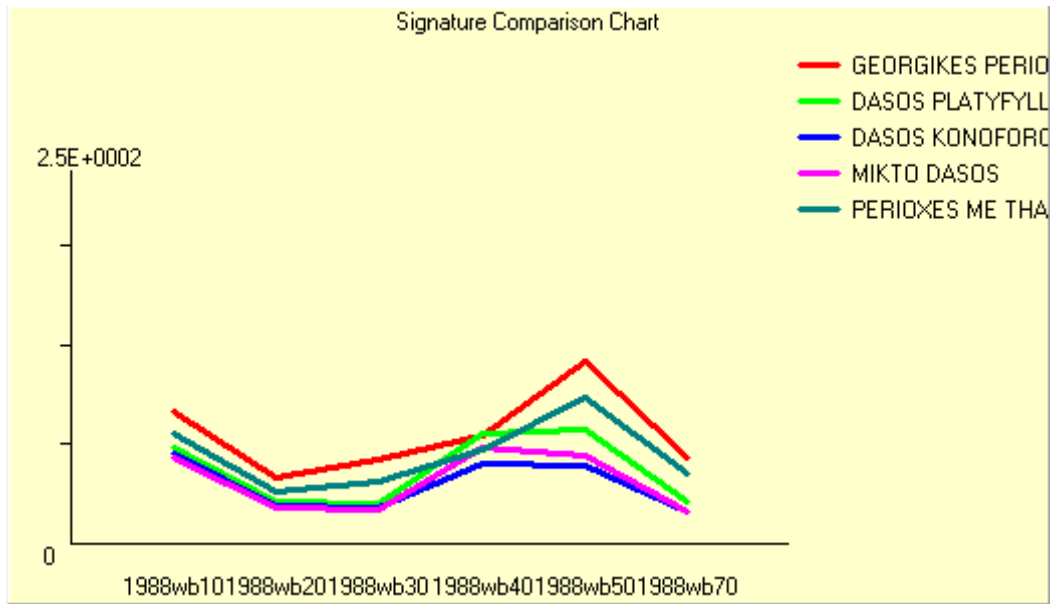
3.2.5.3. Ταξινόμηση 5 κατηγοριών

Ακολουθώντας εκ νέου την παραπάνω διαδικασία έγινε περαιτέρω μείωση των βιοφυσικών κατηγοριών της ταξινόμησης, με σκοπό τη βελτίωση των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης των δύο δορυφορικών εικόνων σε σχέση με τις καλύψεις γης των δύο CORINE. Με κριτήριο την μικρή επιφάνεια σε σχέση με το σύνολο της κατηγορίας «ανοιχτοί χώροι» με κωδικό 1, κρίθηκε απαραίτητη η ενσωμάτωσή της στην κατηγορία «γεωργικές περιοχές» . Έτσι δημιουργήθηκαν οι 5 νέες κατηγορίες που φαίνονται στον πίνακα, βάσει των οποίων επαναλήφθηκε η διαδικασία της ταξινόμησης.

Πίνακας 5. Ταξινόμηση φασματικών υπογραφών σε 5 κατηγορίες βάσει της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας.				
ΚΩΔ.	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	CORINE 1990 %	CORINE 2000 %
1	ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	1+2	0,3121	0,314
2	ΔΑΣΟΣ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ	3	0,2044	0,1991
3	ΔΑΣΟΣ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	4	0,1198	0,1189
4	ΜΙΚΤΟ ΔΑΣΟΣ	5	0,063	0,0627
5	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	6	0,3008	0,3053

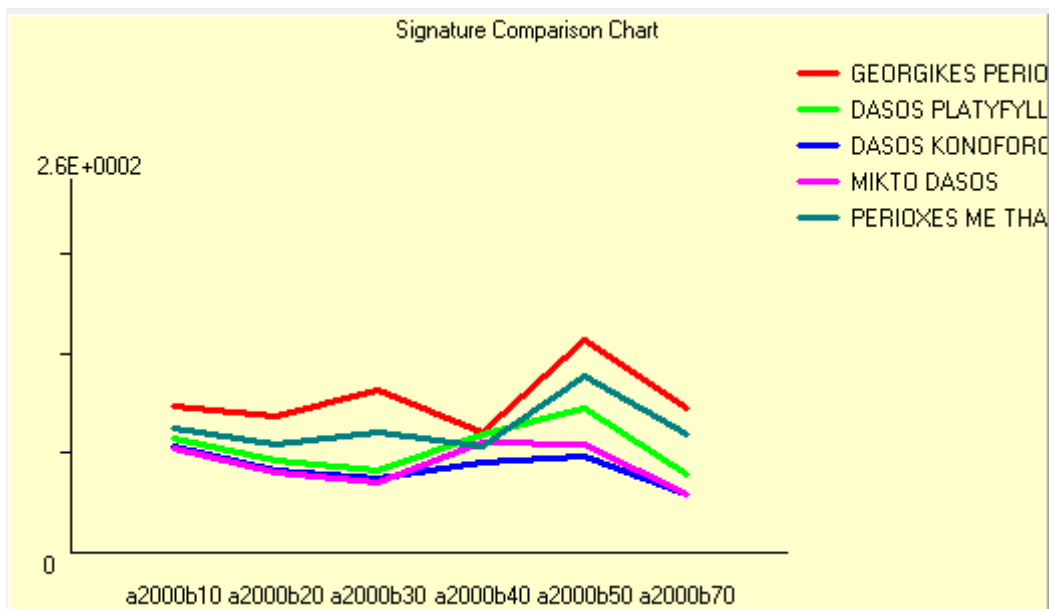
Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Οι φασματικές υπογραφές των νέων περιοχών εκπαίδευσης παρουσιάζονται στα δύο διαγράμματα που ακολουθούν.



Σχήμα 8. Γράφημα φασματικών υπογραφών 5 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 1998

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Σχήμα 9. Γράφημα φασματικών υπογραφών 5 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 2000

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

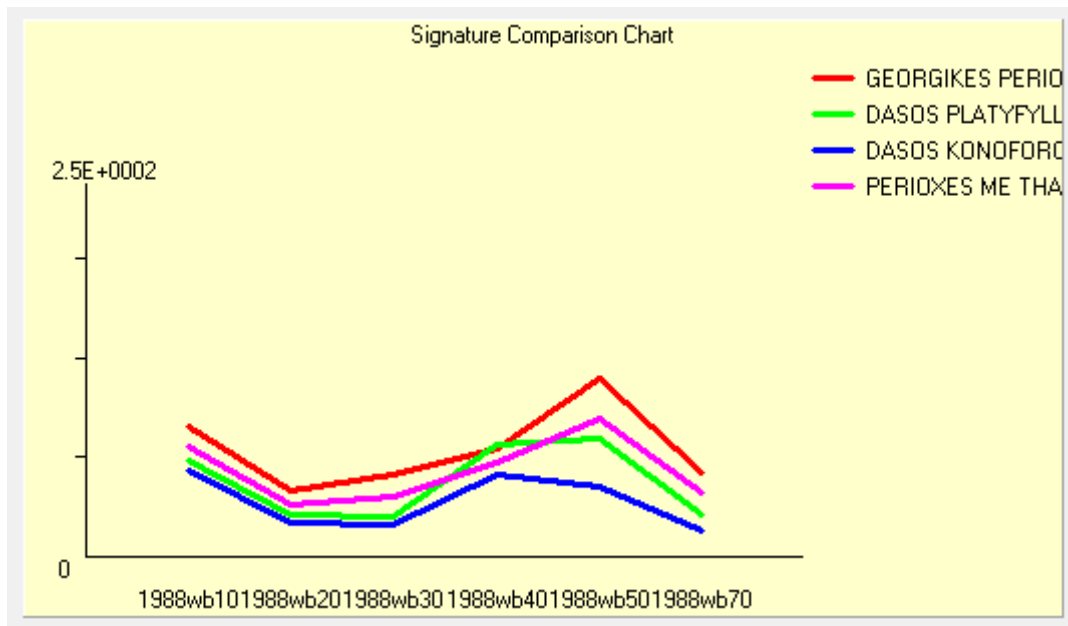
Η σύγκριση των δύο ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων σε σχέση με τις καλύψεις των δύο CORINE, μέσω του δείκτη Κ, έδωσε ταύτιση σε ποσοστό 43% για τη δορυφορική εικόνα του 1988 και 38% για την δορυφορική εικόνα του 2000, ποσοστά ελαφρά βελτιωμένα σε σχέση με την ταξινόμηση με 5 κατηγορίες.

3.2.5.4. Ταξινόμηση 4 κατηγοριών

Επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία της ταξινόμησης για τις 4 κατηγορίες που παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί, στον οποίο φαίνεται ότι η κατηγορία «μικτό δάσος» απορροφήθηκε από την κατηγορία «δάσος κωνοφόρων», προέκυψαν τα παρακάτω διαγράμματα φασματικών υπογραφών, ενώ η ταύτιση των ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων με τα αντίστοιχα CORINE, έδωσε ποσοστά 48% για την εικόνα του 1988 και 45% για την εικόνα του 2000.

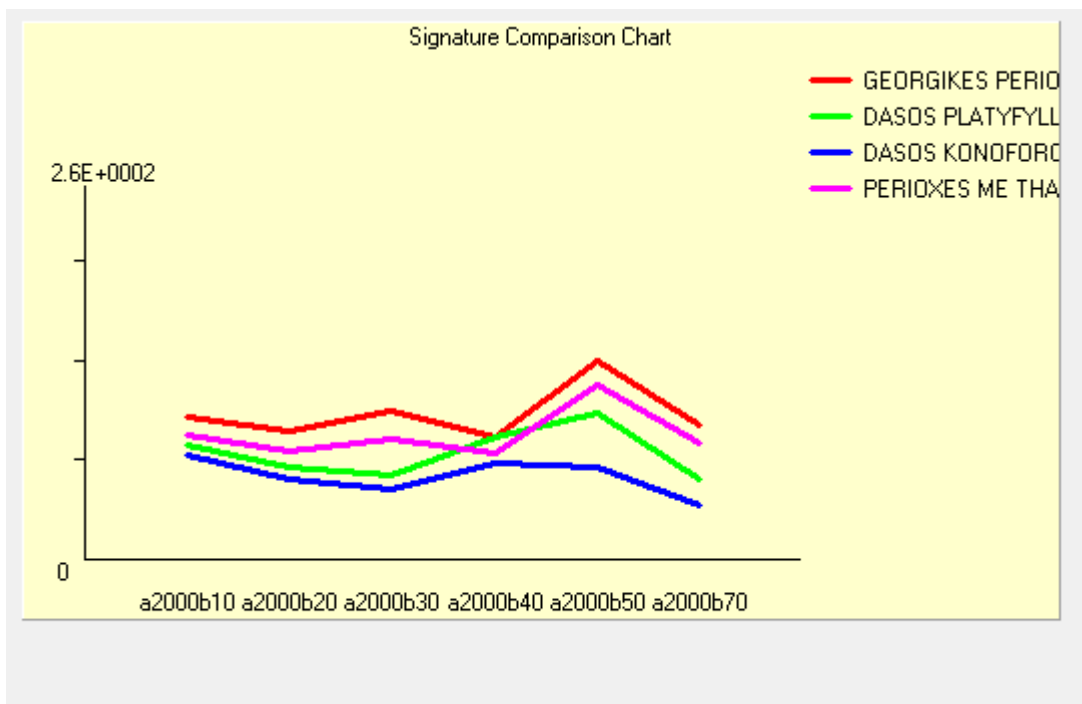
Πίνακας 6. Ταξινόμηση φασματικών υπογραφών σε 4 κατηγορίες βάσει της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας.				
ΚΩΔ.	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	CORINE 1990 %	CORINE 2000 %
1	ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	1	0,3121	0,314
2	ΔΑΣΟΣ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ	2	0,2044	0,1991
3	ΔΑΣΟΣ ΚΩΝΟΦΟΡΩΝ	3+4	0,1828	0,1816
4	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	5	0,3008	0,3053

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Σχήμα 10. Γράφημα φασματικών υπογραφών 4 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 1998

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Σχήμα 11. Γράφημα φασματικών υπογραφών 4 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 2000

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

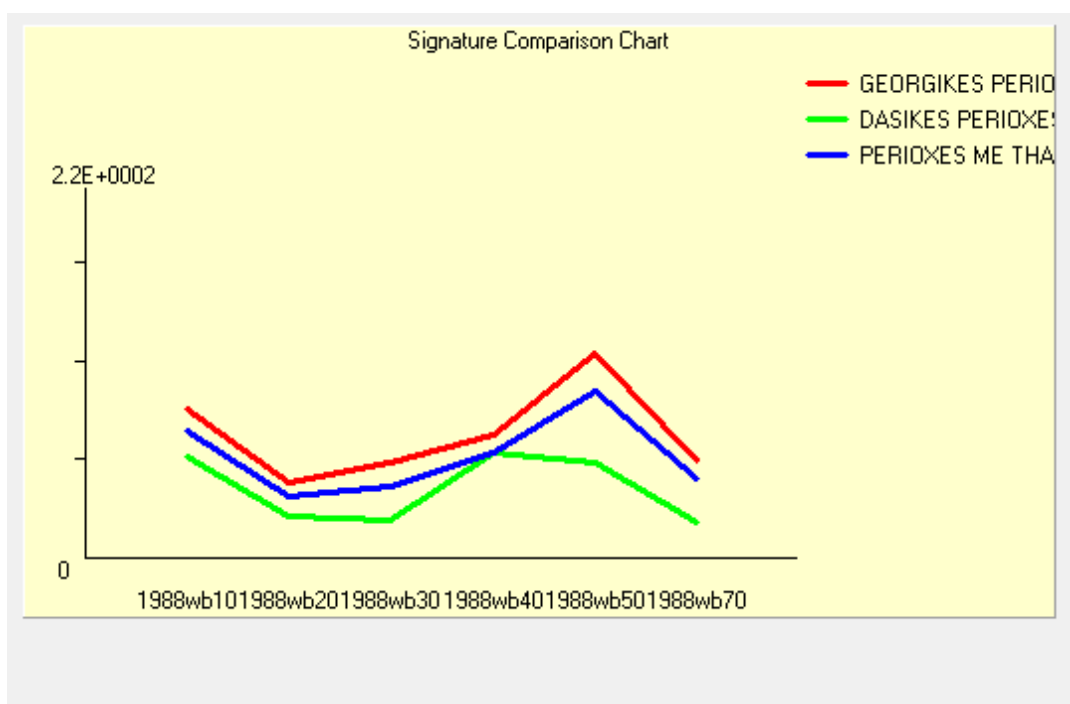
3.2.5.5. Ταξινόμηση 3 κατηγοριών

Η τελευταία ταξινόμηση που εφαρμόστηκε βασίστηκε σε 3 βιοφυσικές κατηγορίες οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα και η διαφορά έγκειται στην ένωση των κατηγοριών 2 και 3 οι οποίες αφορούν το «δάσος κωνοφόρων» και το «μικτό δάσος», δημιουργώντας μια νέα κατηγορία που συμπεριλαμβάνει τις «δασικές περιοχές».

Πίνακας 7. Ταξινόμηση φασματικών υπογραφών σε 3 κατηγορίες βάσει της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας και η % κάλυψη της κάθε κατηγορίας.				
ΚΩΔ.	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	CORINE 1990 %	CORINE 2000 %
1	ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	1	0,3121	0,314
2	ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	2+3	0,3872	0,3807
3	ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	4	0,3008	0,3053

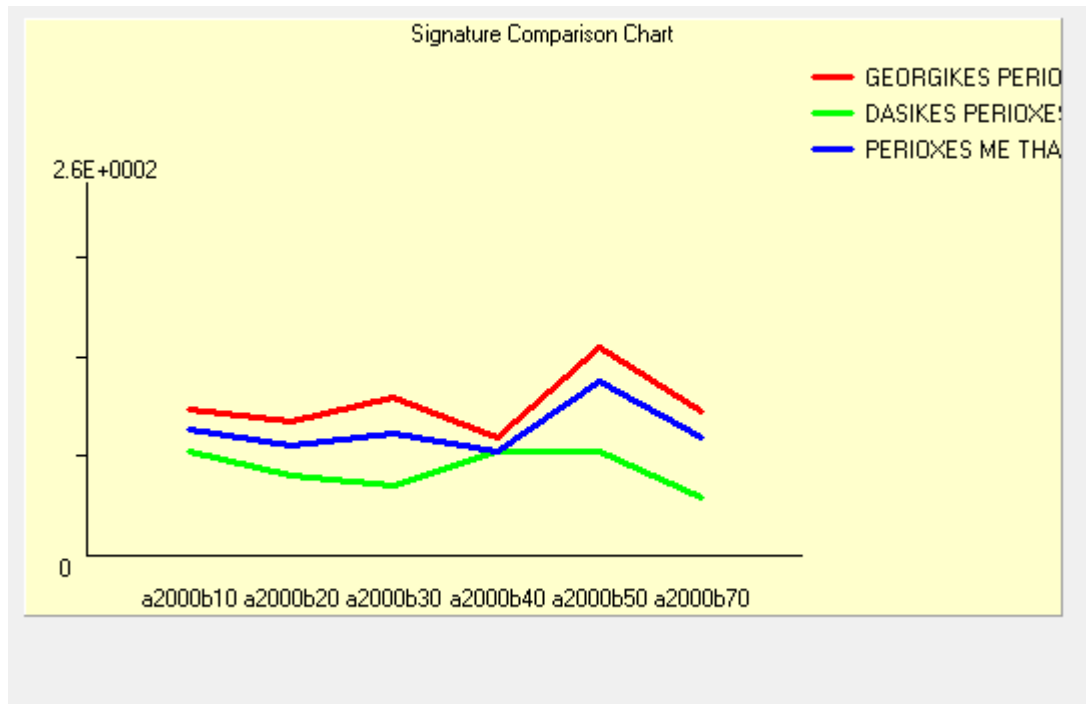
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Οι φασματικές υπογραφές των 3 βιοφυσικών κατηγοριών τόσο για την δορυφορική εικόνα του 1988 όσο και για τη δορυφορική εικόνα του 2000 φαίνονται στα παρακάτω γραφήματα.



Σχήμα 12. Γράφημα φασματικών υπογραφών 3 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 1998

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Σχήμα 13. Γράφημα φασματικών υπογραφών 3 κατηγοριών κάλυψης γης βάσει CORINE το έτος 2000

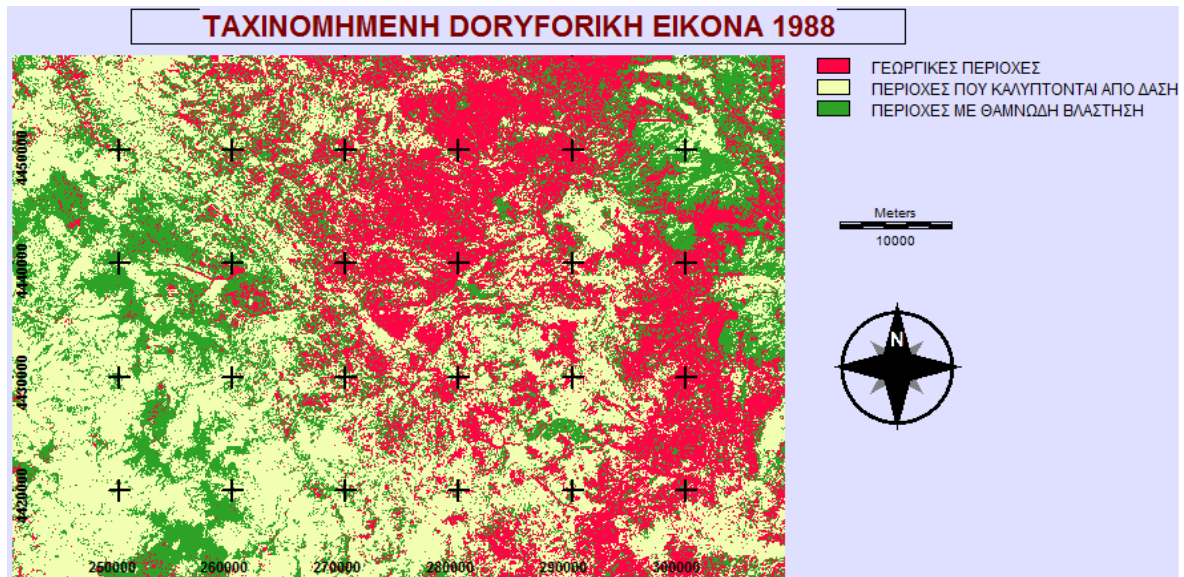
Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Η ακρίβεια της τελευταίας ταξινόμησης που εφαρμόστηκε, σε σχέση με τις ταξινομήσεις αναφοράς που θεωρήθηκαν τα δύο CORINE, έφτασε σε ποσοστό ταύτισης, για την μεν δορυφορική εικόνα του 1998 στο 50%, για τη δε δορυφορική εικόνα του 2000 στο 47%.

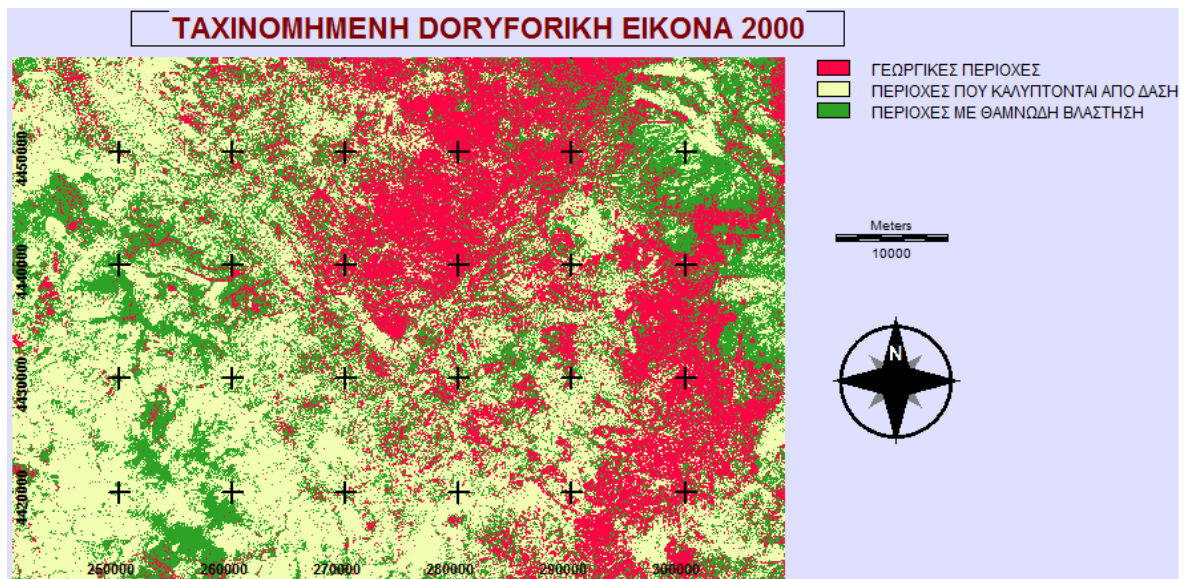
Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η μεθοδολογία με την οποία έγινε η ταξινόμηση στο CORINE βασίστηκε στην παραδοχή ότι περιοχές που έχουν έκταση μικρότερη των 0,25Km² προσαρτώνται σε όμορα πολύγωνα με βάση μια προαποφασισμένη σειρά προτεραιότητας, η οποία καθορίζει σε ποια κάλυψη θα ενταχθεί το πολύγωνο. Επιπλέον, σε περίπτωση μη ομοιογενούς επιφάνειας, η ταξινόμηση δε βασίζεται πάντα στο ποια κάλυψη έχει το μεγαλύτερο ποσοστό, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις υπερισχύει η κύρια κάλυψη από πλευράς επίπτωσης στο χώρο. (Σταθάκης, 2008).

Η παραπάνω παρατήρηση δικαιολογεί σε σημαντικό βαθμό το γεγονός ότι η ακρίβεια της ταξινόμησης δεν μπορεί να κυμανθεί σε πολύ υψηλά επίπεδα, αφού συγκρίνεται με την ταξινόμηση του CORINE η οποία από τη «φύση» της έχει μικρή αναλυτική αξία.

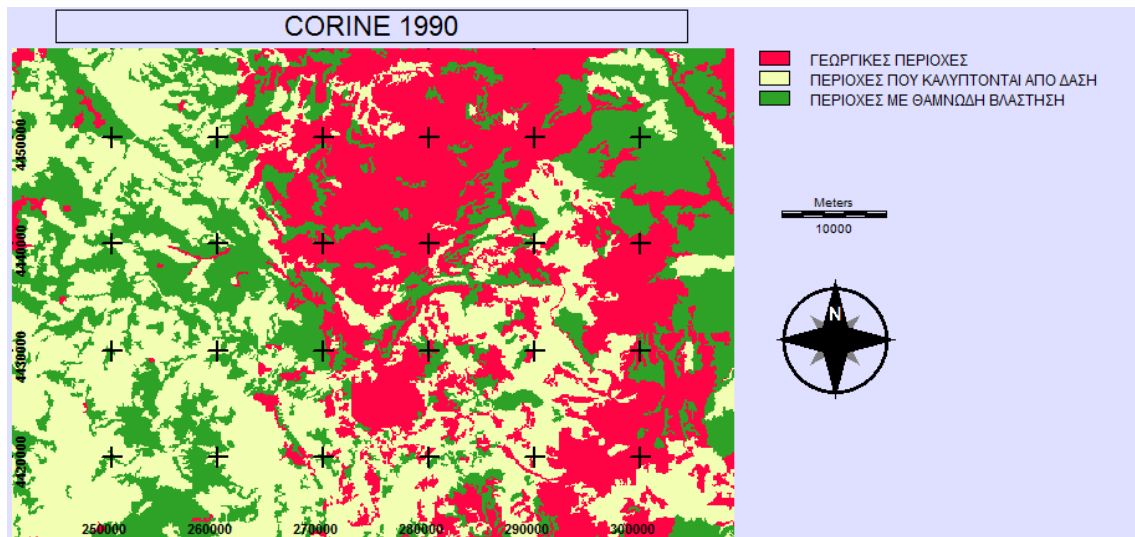
Ακολουθούν οι χάρτες καλύψεων γης για τις δορυφορικές εικόνες των ετών 1988 και 2000, σύμφωνα με την παραπάνω ταξινόμηση, καθώς και οι αντίστοιχοι χάρτες καλύψεων CORINE 1990 και 2000.



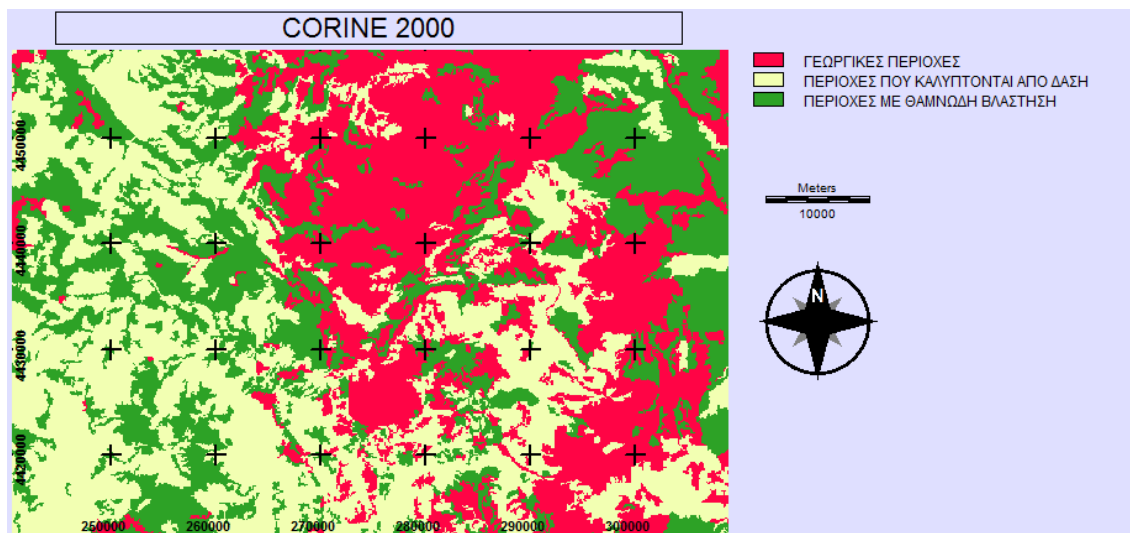
Εικόνα 6. Ταξινομημένη δορυφορική εικόνα σε 3 κατηγορίες κάλυψης γης το έτος 1998
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 7. Ταξινομημένη δορυφορική εικόνα σε 3 κατηγορίες κάλυψης γης το έτος 2000
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 8. Ταξινομημένη εικόνα CORINE σε 3 κατηγορίες κάλυψης γης το έτος 1998
 Πηγή: Ίδια επεξεργασία



Εικόνα 9. Ταξινομημένη εικόνα CORINE σε 3 κατηγορίες κάλυψης γης το έτος 2000
 Πηγή: Ίδια επεξεργασία

3.3. Σύγκριση Καλύψεων Γης κατά CORINE και Ταξινομημένων Δορυφορικών Εικόνων

Κατά τη διαδικασία των ταξινομήσεων που προηγήθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο της μελέτης, μέσω του δείκτη K, δόθηκαν τα ποσοστά %, ταύτισης, της ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας, με τις καλύψεις γης κατά CORINE. Όμως, παρόλο που από την απλή μελέτη των ποσοστών ταύτισης, μπορούμε να έχουμε μια εικόνα για τις αποκλίσεις των καλύψεων της δορυφορικής εικόνας σε σχέση με αυτές του CORINE, είναι αδύνατο να εντοπίσουμε χωρικά τις διαφορές αυτές. Για το σκοπό αυτό θα παραχθούν χάρτες που θα παρουσιάζουν τις παραπάνω διαφοροποιήσεις για κάθε μία κάλυψη ξεχωριστά.

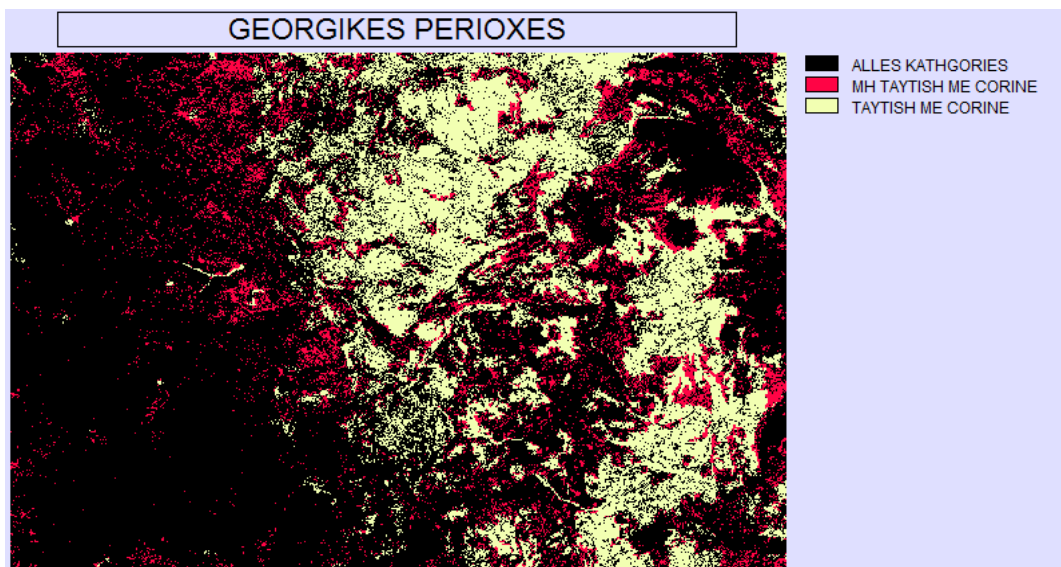
3.3.1. Σύγκριση CORINE 1990 – Ταξινομημένης Δορυφορικής Εικόνας 1988

Για να πραγματοποιηθεί η σύγκριση των καλύψεων γης κατά CORINE 1990 και των καλύψεων γης της ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας του έτους 1988, θα παραχθούν χάρτες καλύψεων για κάθε κατηγορία χωριστά, οι οποίοι θα συγκριθούν ανά δύο μέσω των αριθμητικών πράξεων με εικόνες ώστε να προκύψει ο χάρτης μεταβολών για κάθε κατηγορία κάλυψης.

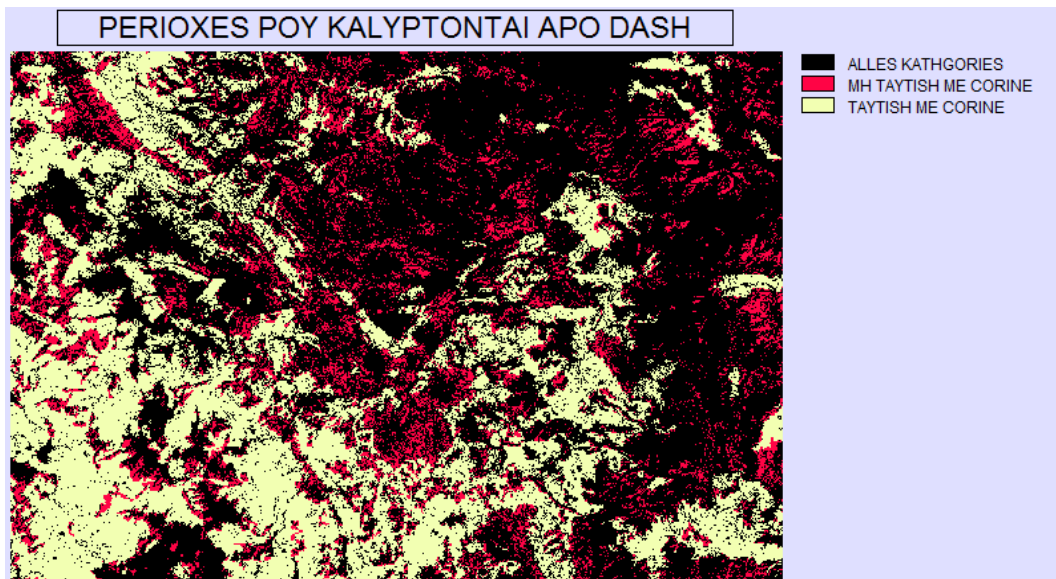
Συγκεκριμένα, για κάθε κατηγορία κάλυψης θα παραχθεί χάρτης που θα παρουσιάζει με διαφορετικό χρώμα τα εικονοστοιχεία της δορυφορικής εικόνας που ταξινομήθηκαν «σωστά» στην κάθε κατηγορία σύμφωνα με το CORINE 1990, δηλαδή είναι κοινά των δύο ταξινομήσεων και με άλλο χρώμα τα εικονοστοιχεία της δορυφορικής εικόνας που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία που εξετάζουμε, ενώ δεν θα έπρεπε.

Δεδομένου του γεγονότος ότι, ο δείκτης K έδειξε ότι η ταξινόμηση της δορυφορικής εικόνας σε τρεις κατηγορίες έχει τη μεγαλύτερη ακρίβεια, σε σχέση με το CORINE, θα εφαρμόσουμε την παραπάνω διαδικασία μόνο γι' αυτήν την ταξινόμηση, ώστε να διαπιστώσουμε σε ποιες περιοχές έχουμε διάσταση με το CORINE.

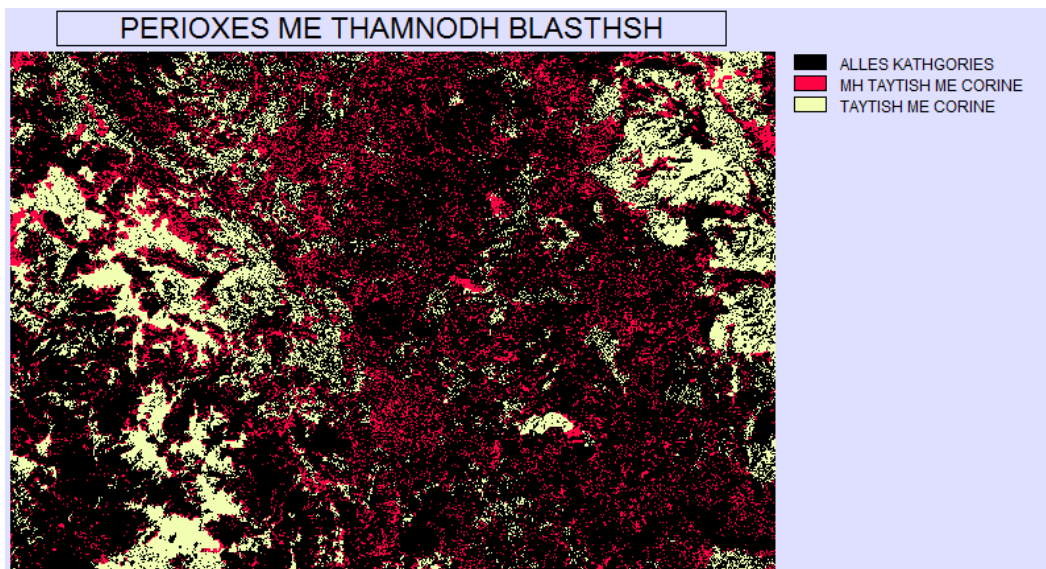
Έτσι, για κάθε κατηγορία από τις «γεωργικές περιοχές», «περιοχές που καλύπτονται από δάση» και «περιοχές με θαμνώδη βλάστηση», παρήχθησαν οι παρακάτω χάρτες της ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας του έτους 1988. Με μαύρο χρώμα φαίνονται τα pixels που ταξινομήθηκαν στις δύο άλλες κατηγορίες από αυτή που κάθε φορά παρουσιάζεται, με άσπρο χρώμα φαίνονται τα pixels που ταξινομήθηκαν σωστά και με κόκκινο χρώμα είναι τα pixels που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία στην κατηγορία που εξετάζουμε, ενώ βάσει CORINE, θα έπρεπε να ταξινομηθούν στις δύο άλλες κατηγορίες.



Εικόνα 10. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 1988 με CORINE 1990 στην κατηγορία γεωργικών περιοχών
 Πηγή: Ίδια επεξεργασία



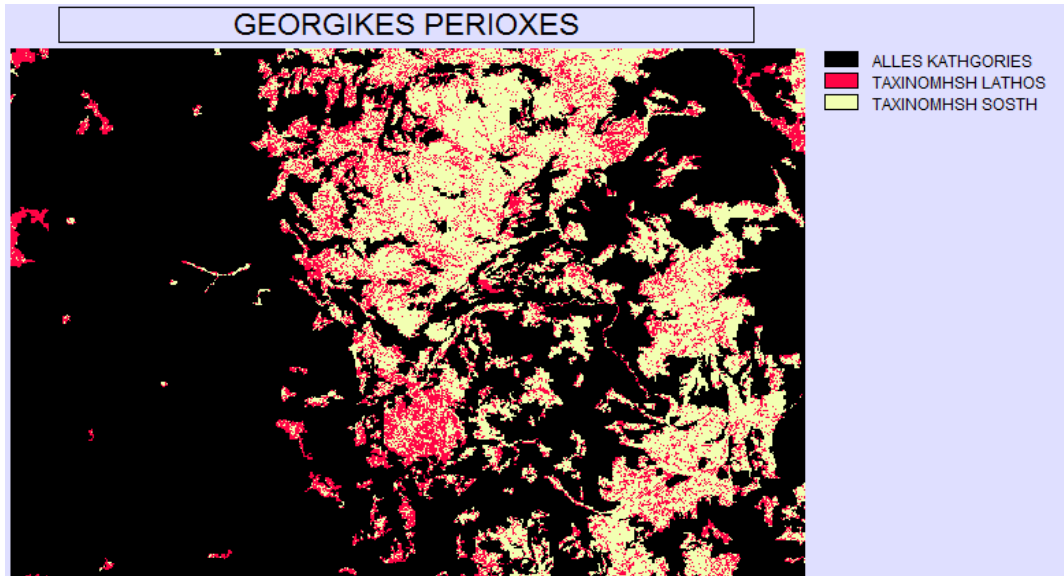
Εικόνα 11. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 1988 με CORINE 1990 στην κατηγορία δασικών εκτάσεων
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



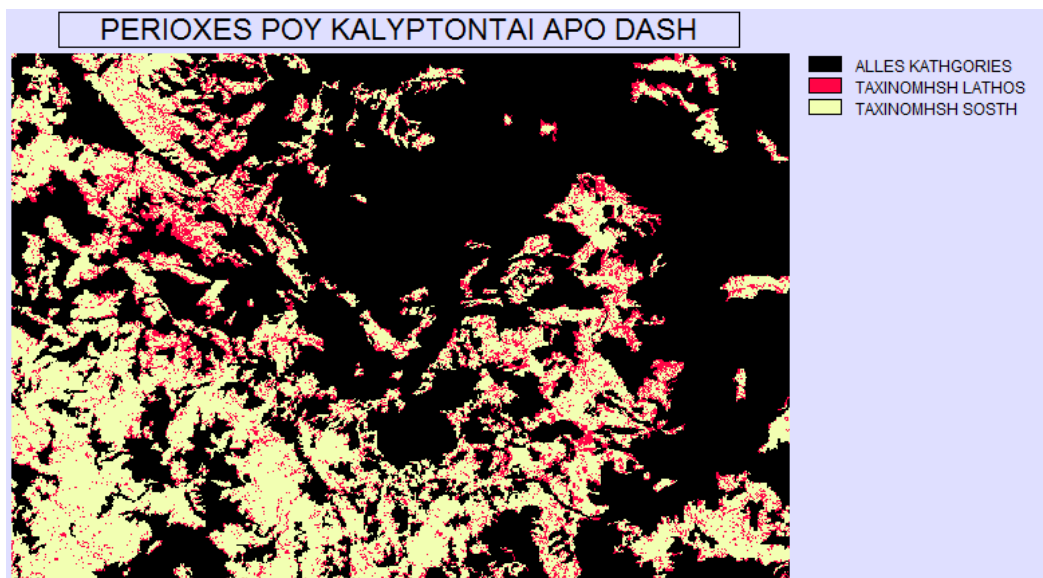
Εικόνα 12. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 1988 με CORINE 1990 στη κατηγορία θαμνώδους βλάστησης
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Στη συνέχεια, κρίθηκε αναγκαίο να διερευνηθεί και να οπτικοποιηθεί η απάντηση στο ερώτημα: ποια είναι τα εικονοστοιχεία που δεν ταξινομήθηκαν σωστά στην κάθε κατηγορία, δηλαδή μπήκαν στις άλλες δύο κατηγορίες και όχι στη σωστή, βάσει CORINE; Με την αντίστοιχη διαδικασία των κατάλληλων μαθηματικών πράξεων μεταξύ των ταξινομημένων εικόνων δημιουργήθηκαν οι παρακάτω χάρτες για κάθε κατηγορία.

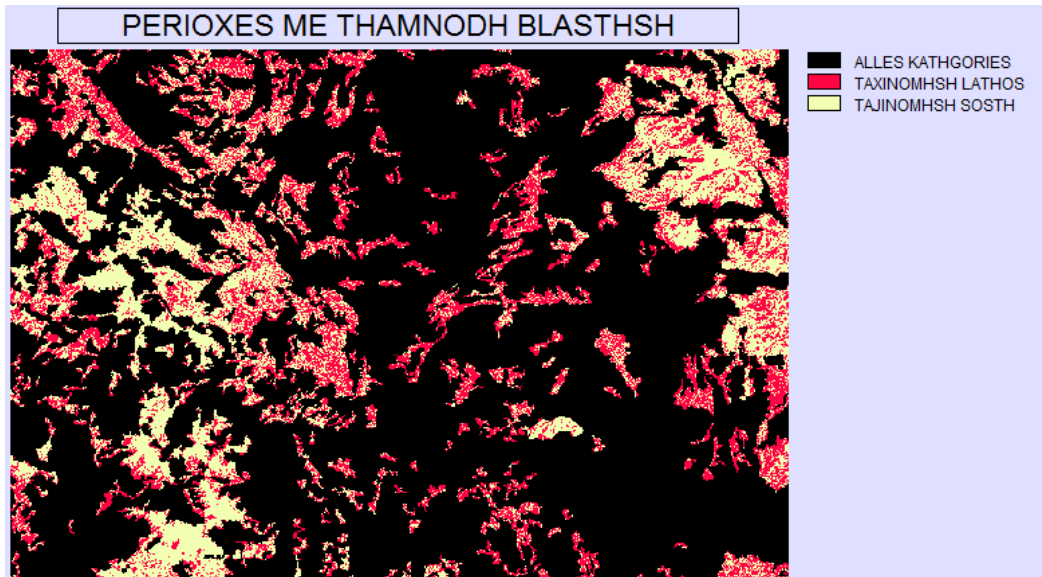
Ουσιαστικά, οι χάρτες που ακολουθούν είναι οι χάρτες CORINE για κάθε κατηγορία, με τη διαφορά ότι παρουσιάζουν με λευκό χρώμα τα εικονοστοιχεία που ταξινομήθηκαν σωστά στη δορυφορική εικόνα και με κόκκινο τα εικονοστοιχεία που ταξινομήθηκαν λανθασμένα σε άλλες κατηγορίες.



Εικόνα 13. Σύγκριση εικόνας CORINE 1990- ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 1988 στην κατηγορία γεωργικών περιοχών
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 14. Σύγκριση εικόνας CORINE 1990- ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 1988 στην κατηγορία δασικών περιοχών
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

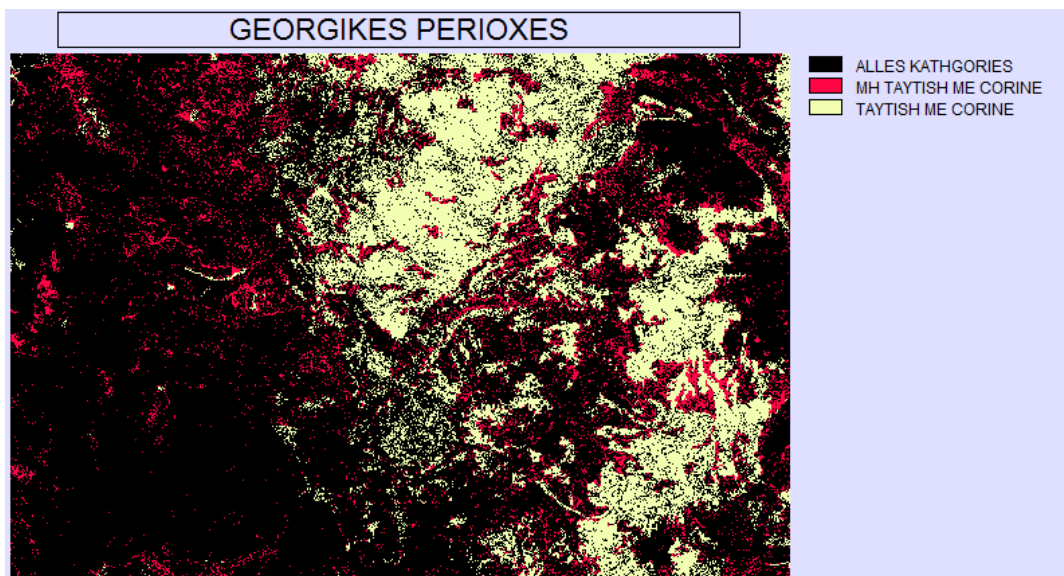


Εικόνα 15. Σύγκριση εικόνας CORINE 1990- ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 1988 στην κατηγορία θαμνώδους βλάστησης
 Πηγή: Ιδία επεξεργασία

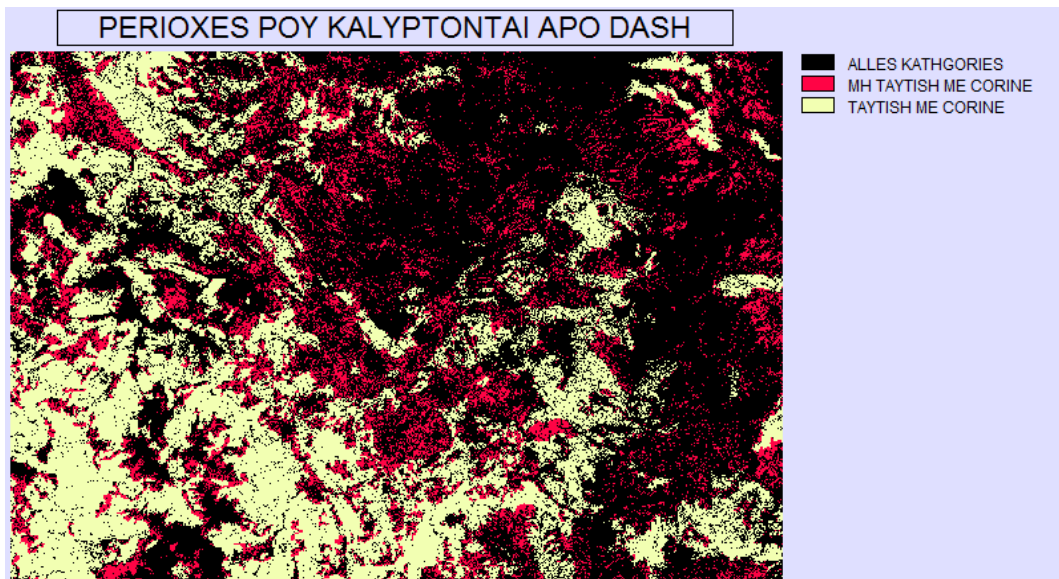
3.3.2. Σύγκριση CORINE 2000 – Ταξινομημένης Δορυφορικής Εικόνας 2000

Η ανάλογη διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου ακολουθήθηκε και για τη δορυφορική εικόνα του έτους 2000, ώστε να παραχθούν οι χάρτες που ακολουθούν.

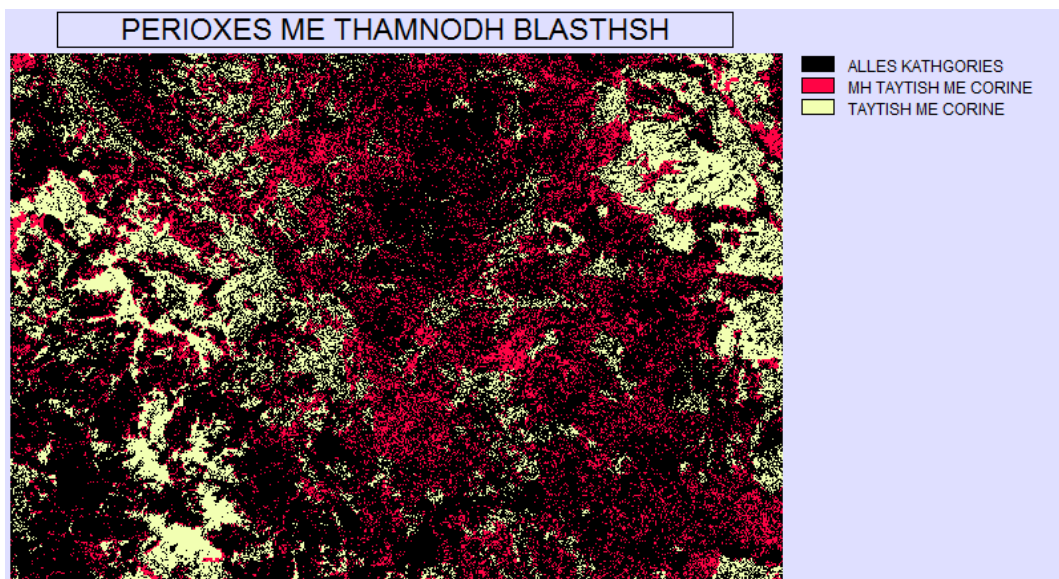
Αντίστοιχα, με μαύρο χρώμα φαίνονται τα ρικελ που ταξινομήθηκαν στις δύο άλλες κατηγορίες από αυτή που κάθε φορά παρουσιάζεται, με άσπρο χρώμα φαίνονται τα ρικελ που ταξινομήθηκαν σωστά και με κόκκινο χρώμα είναι τα ρικελ που ταξινομήθηκαν στην κατηγορία στην κατηγορία που εξετάζουμε, ενώ βάσει CORINE, θα έπρεπε να ταξινομηθούν στις δύο άλλες κατηγορίες.



Εικόνα 16. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 2000 με CORINE 2000 στην κατηγορία γεωργικών περιοχών
 Πηγή: Ιδία επεξεργασία

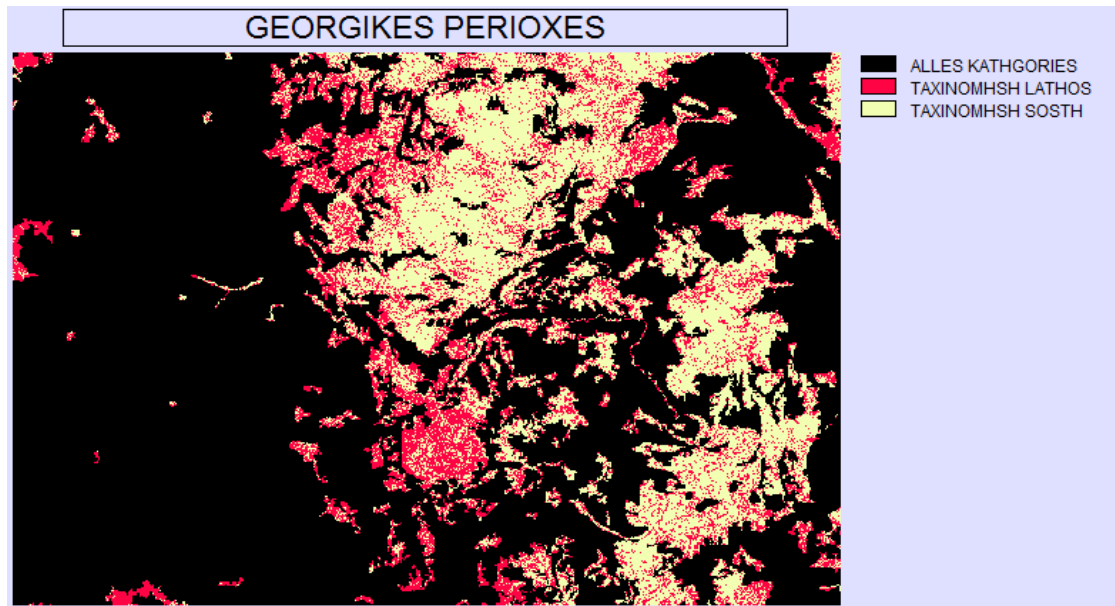


Εικόνα 17. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 2000 με CORINE 2000 στην κατηγορία δασικών εκτάσεων
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

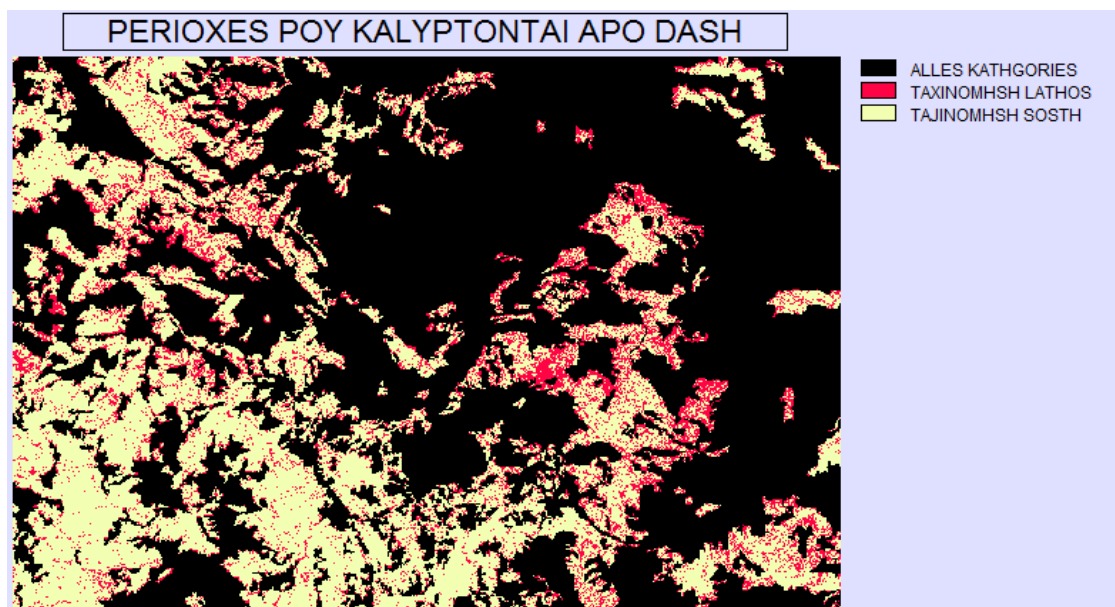


Εικόνα 18. Αξιολόγηση ταύτισης δορυφορικής εικόνας 2000 με CORINE 2000 στην κατηγορία θαμνώδους βλάστησης
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

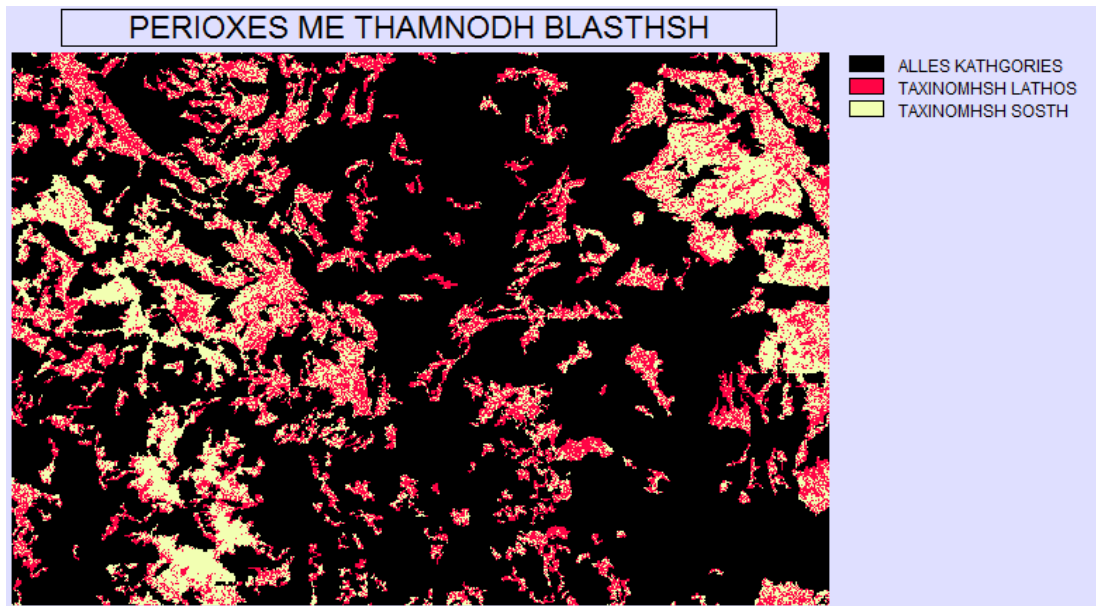
Ακολουθούν οι χάρτες CORINE 2000 για κάθε κατηγορία, στους οποίους παρουσιάζονται, με λευκό χρώμα τα εικονοστοιχεία που ταξινομήθηκαν σωστά στη δορυφορική εικόνα του 2000 και με κόκκινο τα εικονοστοιχεία που ταξινομήθηκαν λανθασμένα, σε άλλες κατηγορίες.



Εικόνα 19. Σύγκριση εικόνας CORINE 2000-ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 2000 στην κατηγορία γεωργικών περιοχών
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 20. Σύγκριση εικόνας CORINE 2000-ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 2000 στην κατηγορία δασικών εκτάσεων
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 21. Σύγκριση εικόνας CORINE 2000-ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας 2000 στην κατηγορία θαμνώδους βλάστησης

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

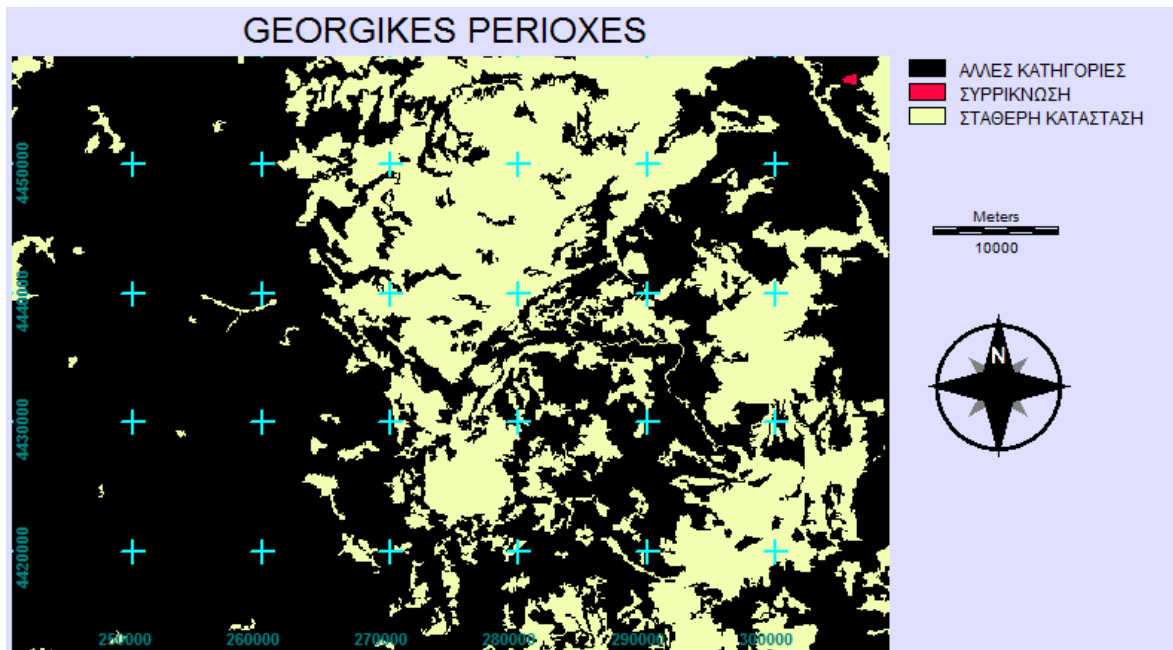
3.4. Διαχρονική Ανάλυση Καλύψεων Γης

Κατά τη διαδικασία των ταξινομήσεων που προηγήθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο της μελέτης, μέσω των πινάκων που παρουσιάστηκαν, δόθηκαν τα ποσοστά %, σύμφωνα με τα δεδομένα CORINE, της κάθε βιοφυσικής κατηγορίας σε σχέση με τη συνολική έκταση της περιοχής μελέτης. Από τη σύγκριση των ποσοστών μπορούν να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα σχετικά με τις αλλαγές στις καλύψεις γης μεταξύ των ετών 1990 – 2000. Όμως, παρόλο που από την απλή μελέτη των ποσοστών μπορούμε να έχουμε τις μεταβολές αυτές ως νούμερο, είναι αδύνατο να εντοπίσουμε χωρικά τις αλλαγές αυτές. Για το σκοπό αυτό θα παραχθούν χάρτες που θα παρουσιάζουν τις μεταβολές, αφενός κατά CORINE και αφετέρου σύμφωνα με τις ταξινομημένες δορυφορικές εικόνες.

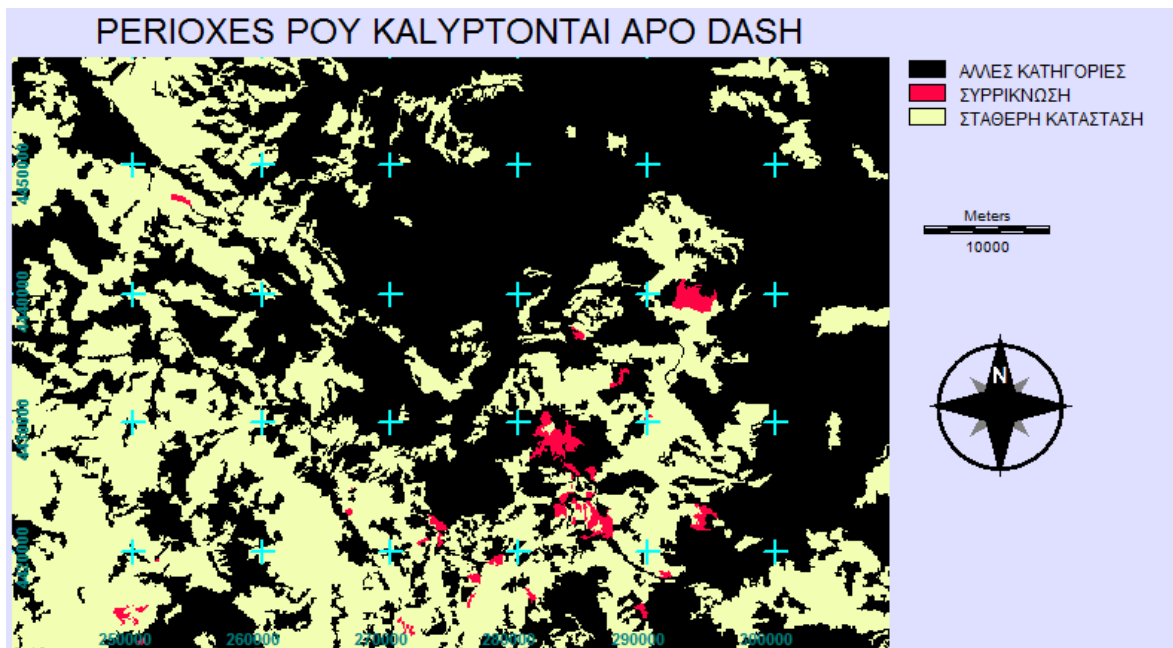
3.4.1. Διαχρονική Ανάλυση Μέσω CORINE

Με την αντίστοιχη διαδικασία των κατάλληλων μαθηματικών πράξεων μεταξύ των ταξινομημένων εικόνων CORINE δημιουργήθηκαν οι παρακάτω χάρτες για κάθε κατηγορία.

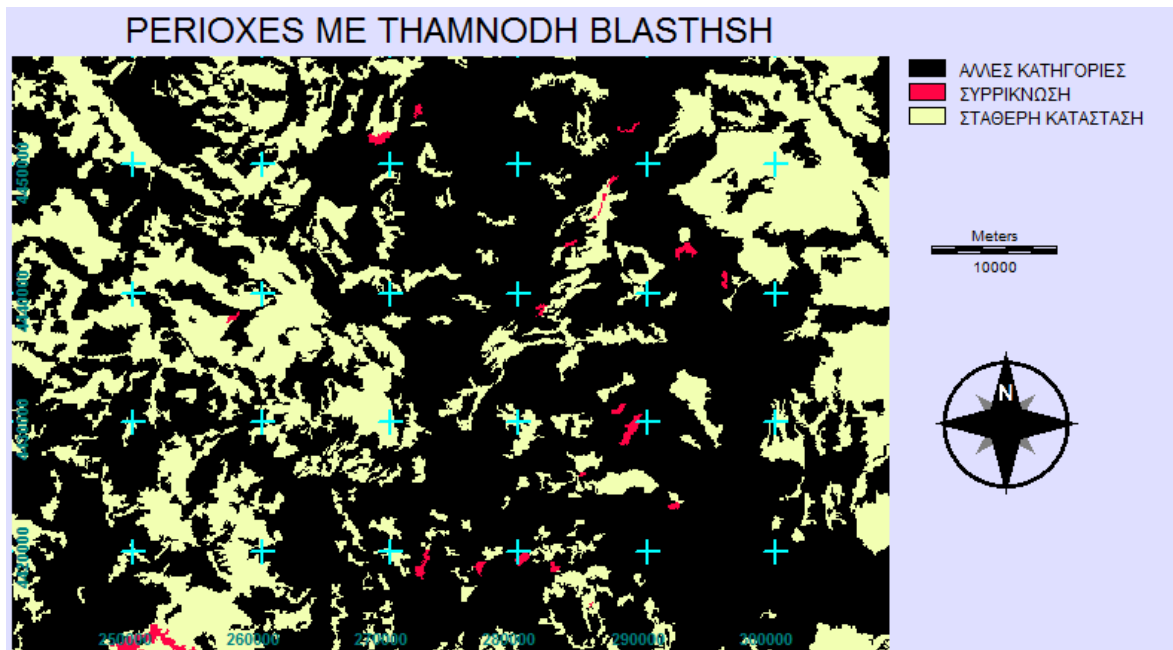
Ουσιαστικά, οι χάρτες που ακολουθούν είναι οι χάρτες CORINE 1990, στους οποίους παρουσιάζονται με λευκό χρώμα τα εικονοστοιχεία τα οποία, στο CORINE 2000, διατηρήθηκαν στην ίδια κατηγορία και με κόκκινο τα εικονοστοιχεία που άλλαξαν κατηγορία, επομένως μας δίνουν τη συρρίκνωση της κατηγορίας, από το 1990 έως το 2000.



Εικόνα 22. Συρρίκνωση γεωργικών περιοχών κατά τη δεκαετία 1990 – 2000 (CORINE)
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

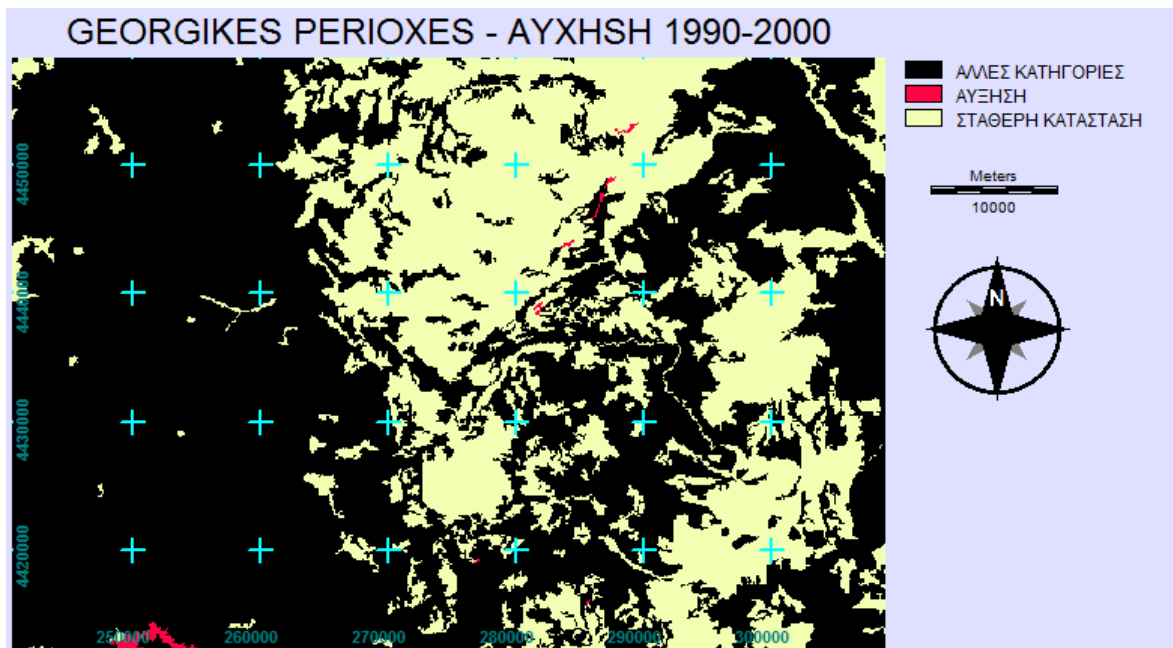


Εικόνα 23. Συρρίκνωση δασικών εκτάσεων κατά τη δεκαετία 1990 – 2000 (CORINE)
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

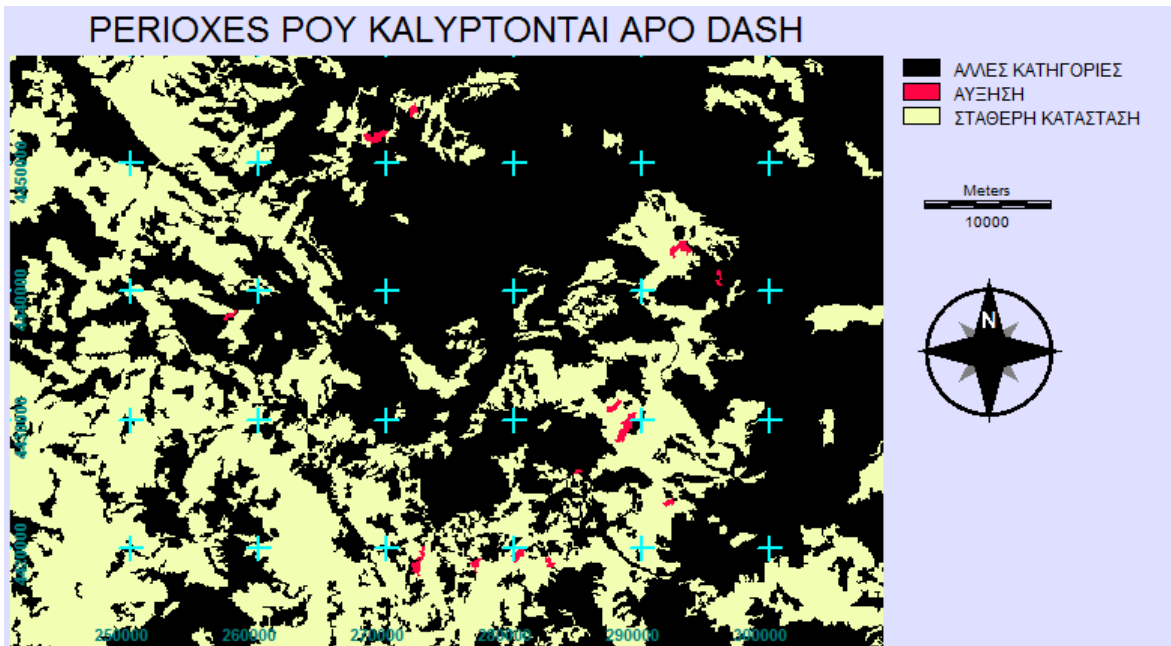


Εικόνα 24. Συρρίκνωση θαμνώδους βλάστησης κατά τη δεκαετία 1990 – 2000 (CORINE)
 Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Αντίστοιχα, οι χάρτες που ακολουθούν είναι οι χάρτες CORINE 2000, στους οποίους παρουσιάζονται με λευκό χρώμα τα εικονοστοιχεία τα οποία, στο CORINE 1990, ήταν ταξινομημένα στην ίδια κατηγορία και με κόκκινο τα εικονοστοιχεία που ήταν σε διαφορετική κατηγορία, δηλαδή μας δίνουν την αύξηση της κατηγορίας στη δεκαετία 1990-2000.

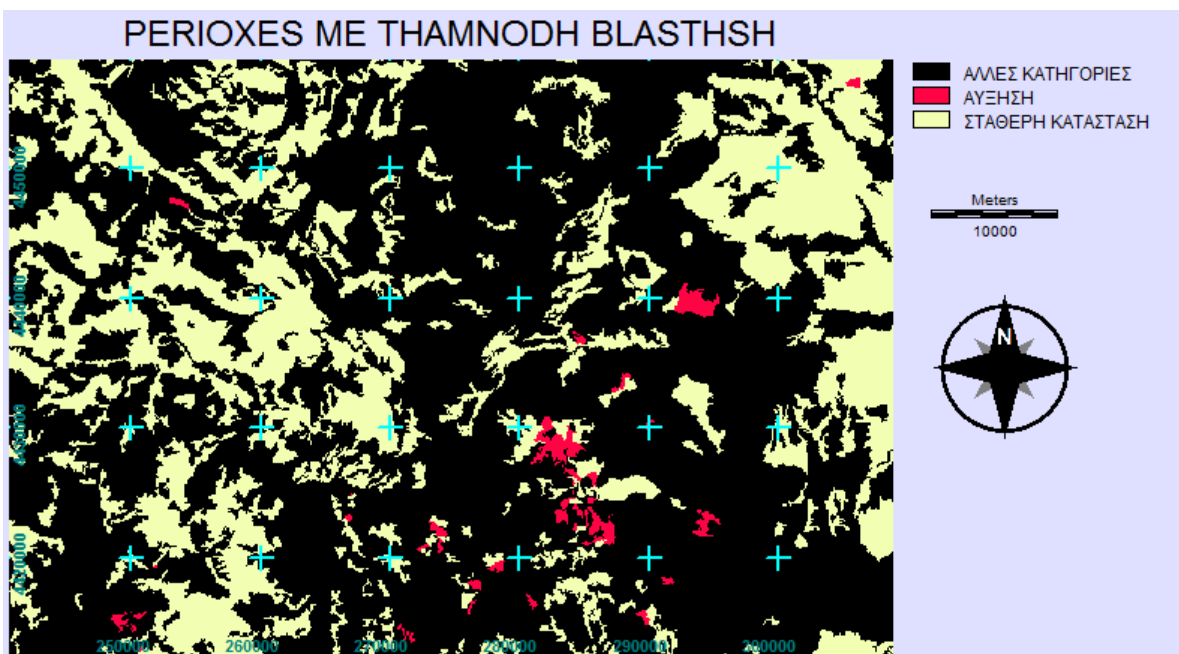


Εικόνα 25. Αύξηση γεωργικών περιοχών κατά τη δεκαετία 1990 - 2000 (CORINE)
 Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 26. Αύξηση δασικών εκτάσεων κατά τη δεκαετία 1990 - 2000 (CORINE)

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 27. Αύξηση θαμνώδους βλάστησης κατά τη δεκαετία 1990 – 2000 (CORINE)

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Αποτυπώνοντας αριθμητικά τα αποτελέσματα της ανίχνευσης μεταβολών καλύψεων στην περιοχή μελέτης, μέσω του προγράμματος CORINE, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

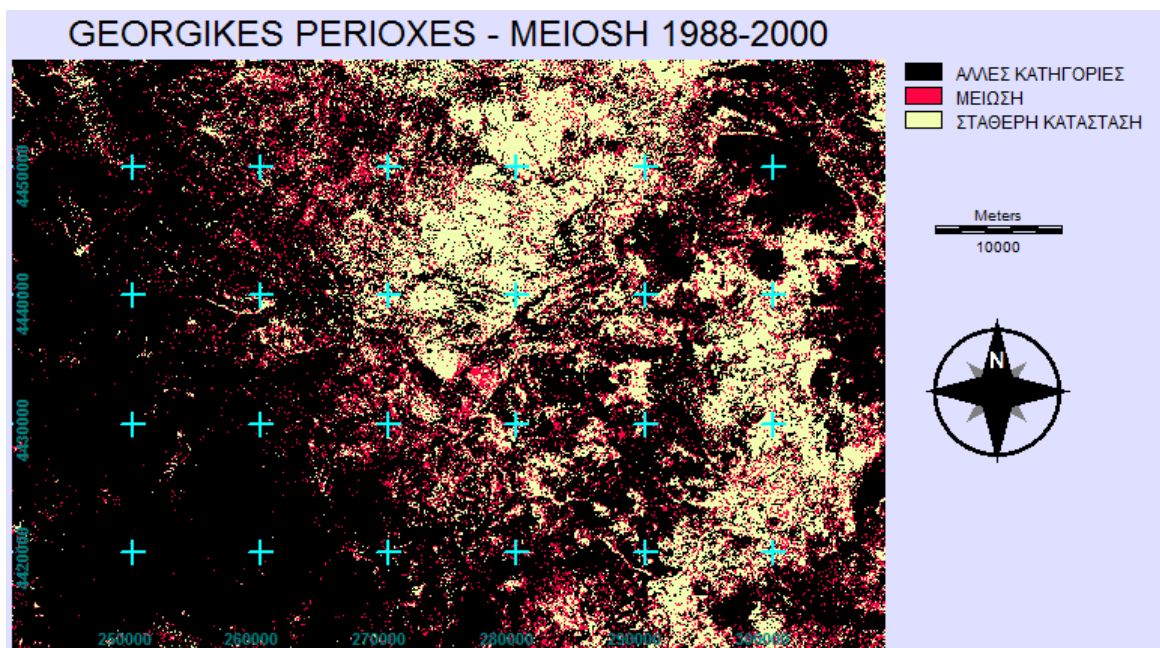
Πίνακας 8. Διαχρονικές αλλαγές χρήσεων γης από το 1998 έως το 2000 μέσω ανάλυσης ταξινομημένων εικόνων CORINE				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΥΞΗΣΗ (μ ²)	ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ (μ ²)	ΣΥΝΟΛΟ (μ ²)	%
ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	7.025.400	678.600	+6.346.800	+0,0064
ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	8.875.800	29.481.300	-20.605.500	-0,0168
ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	30.073.500	15.814.800	+14.258.700	+0,015

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

3.4.2. Διαχρονική Ανάλυση Μέσω Ταξινομημένων Δορυφορικών Εικόνων

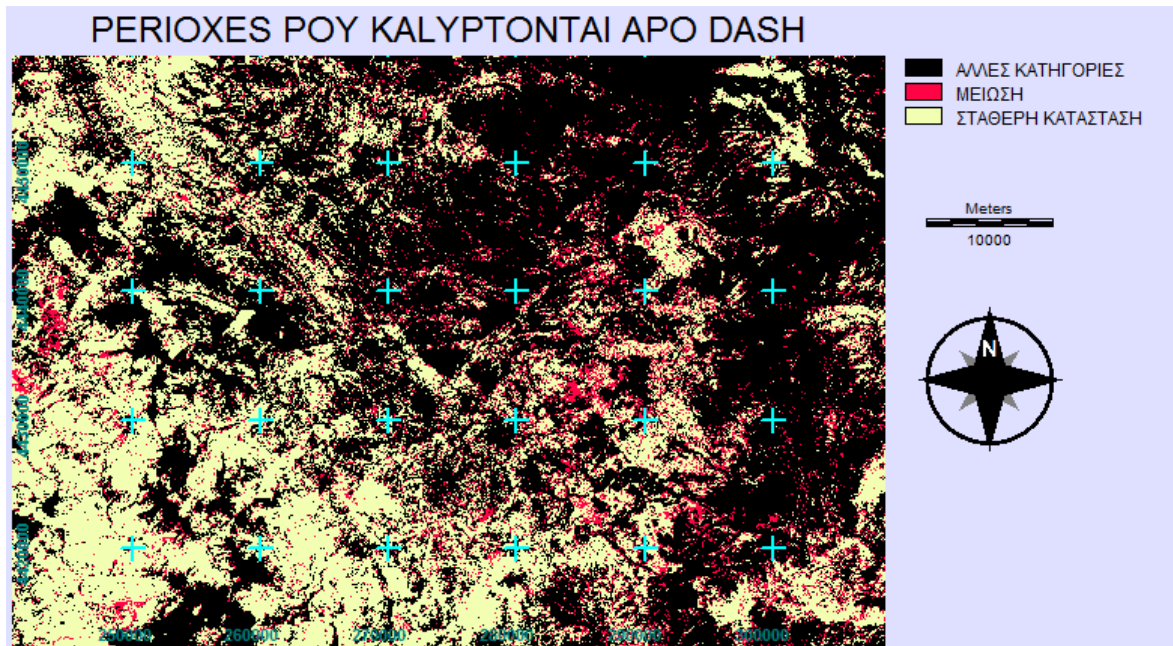
Ανάλογα με τη διαχρονική ανάλυση μέσω CORINE και με αντίστοιχη μεθοδολογία, μέσω αλγεβρικών πράξεων των ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων για κάθε κάλυψη, πραγματοποιείται η διαχρονική ανάλυση των ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων στο χρονικό διάστημα 1988-2000, με σκοπό την ανίχνευση των αλλαγών στις καλύψεις γης.

Οι χάρτες που ακολουθούν είναι για κάθε κατηγορία, οι χάρτες της ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας του 1988, στους οποίους παρουσιάζονται με λευκό χρώμα τα εικονοστοιχεία τα οποία, στην ταξινομημένη δορυφορική εικόνα του έτους 2000, διατηρήθηκαν στην ίδια κατηγορία και με κόκκινο τα εικονοστοιχεία που άλλαξαν κατηγορία, επομένως μας δίνουν τη συρρίκνωση της κατηγορίας, από το 1988 έως το 2000.

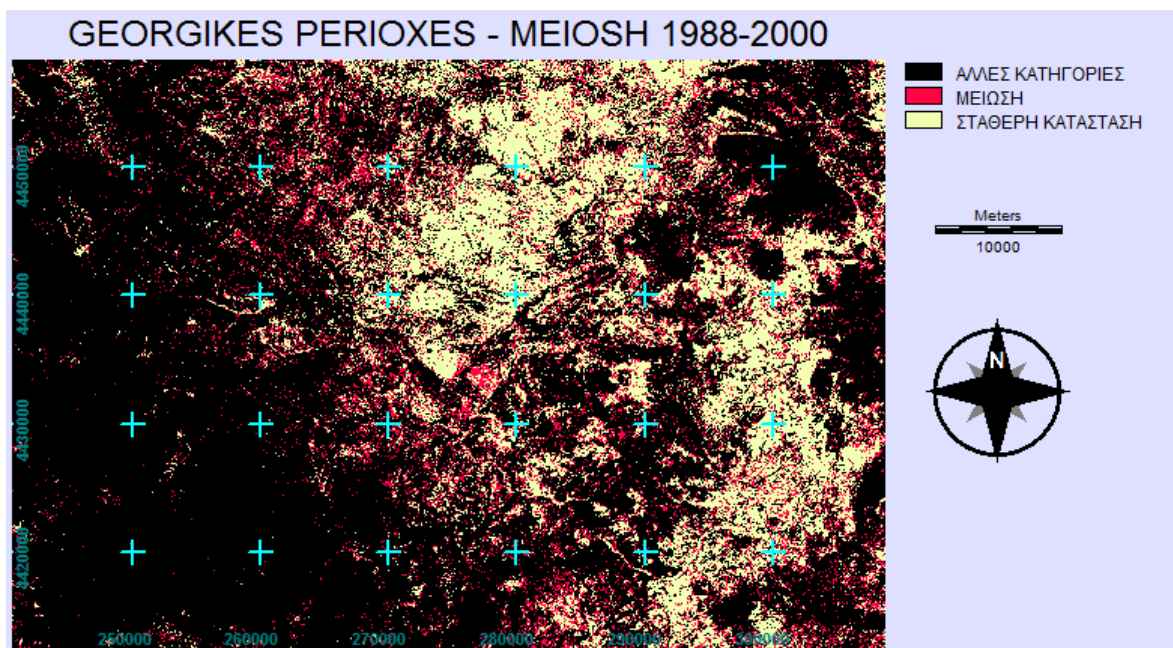


Εικόνα 28. Συρρίκνωση γεωργικών περιοχών κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές)

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

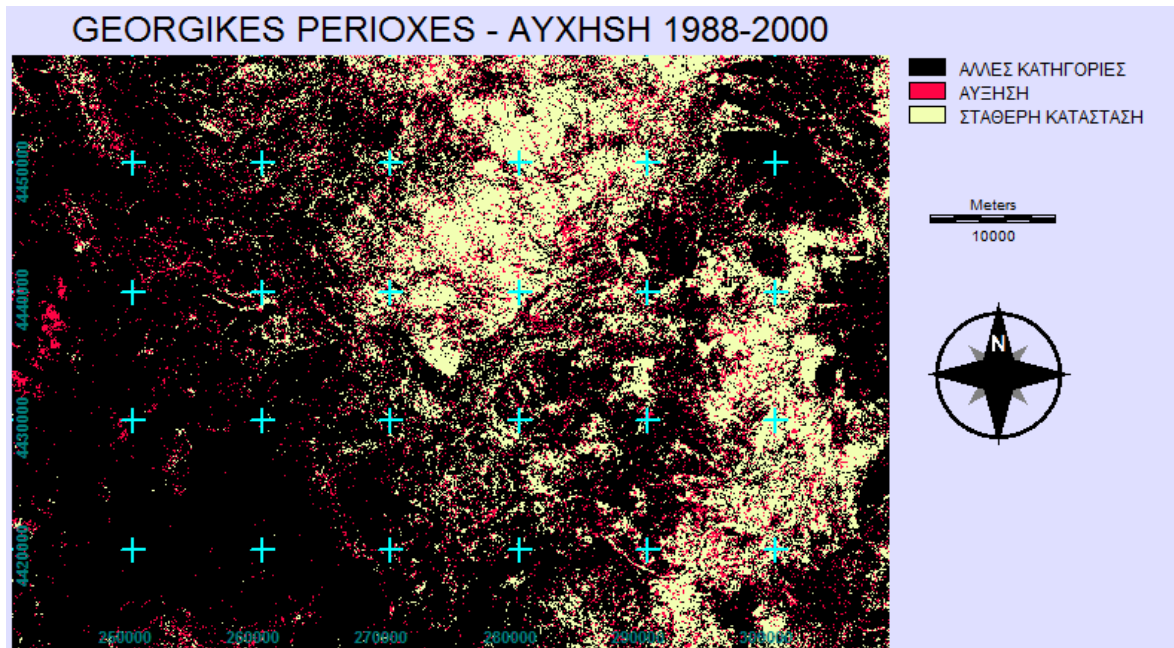


Εικόνα 29. Συρρίκνωση δασικών εκτάσεων κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές)
 Πηγή: Ιδία επεξεργασία

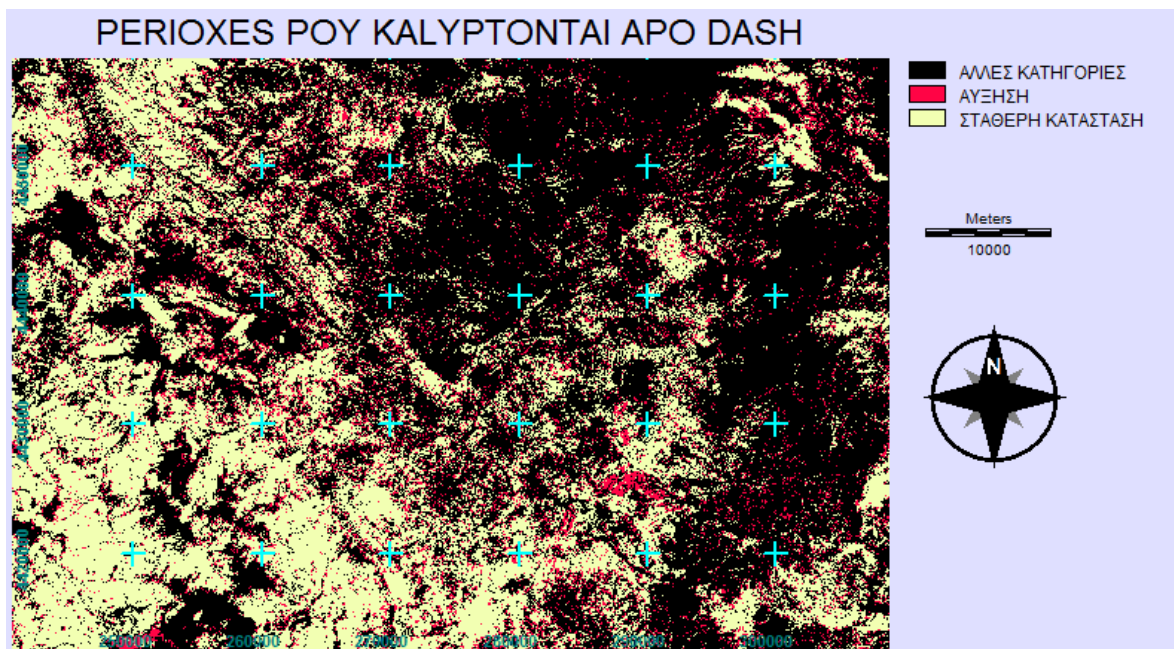


Εικόνα 30. Συρρίκνωση θαμνώδους βλάστησης κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές)
 Πηγή: Ιδία επεξεργασία

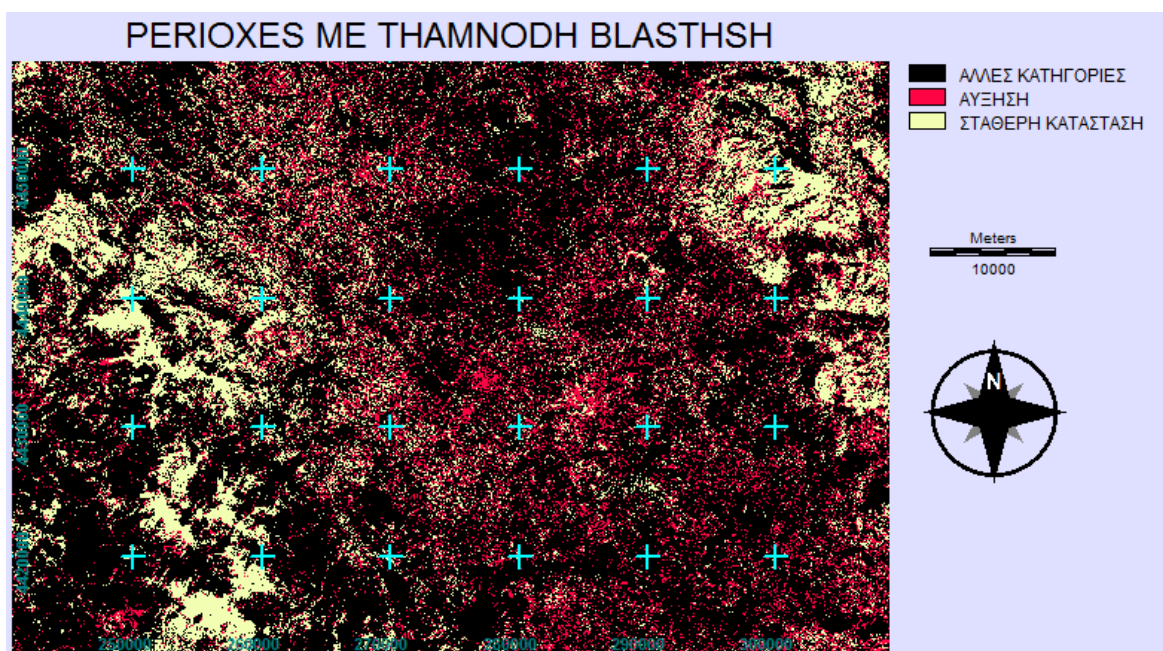
Οι χάρτες που ακολουθούν είναι για κάθε κατηγορία, οι χάρτες της ταξινομημένης δορυφορικής εικόνας του 2000, στους οποίους παρουσιάζονται με λευκό χρώμα τα εικονοστοιχεία τα οποία, στην ταξινομημένη δορυφορική εικόνα του έτους 1988, υπήρχαν στην ίδια κατηγορία και με κόκκινο τα εικονοστοιχεία που ήταν ταξινομημένα σε διαφορετική κατηγορία, επομένως μας δίνουν τη αύξηση της κατηγορίας, διαχρονικά από το 1988 έως το 2000.



Εικόνα 31. Αύξηση γεωργικών περιοχών κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές)
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 32. Αύξηση δασικών εκτάσεων κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές)
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 33. Αύξηση θαμνώδους βλάστησης κατά το διάστημα 1988-2000 (δορυφορικές)
 Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Η αριθμητική αποτύπωση της ανίχνευσης αλλαγών στις καλύψεις γης στο χρονικό διάστημα 1988-2000 μέσω των αντίστοιχων ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί.

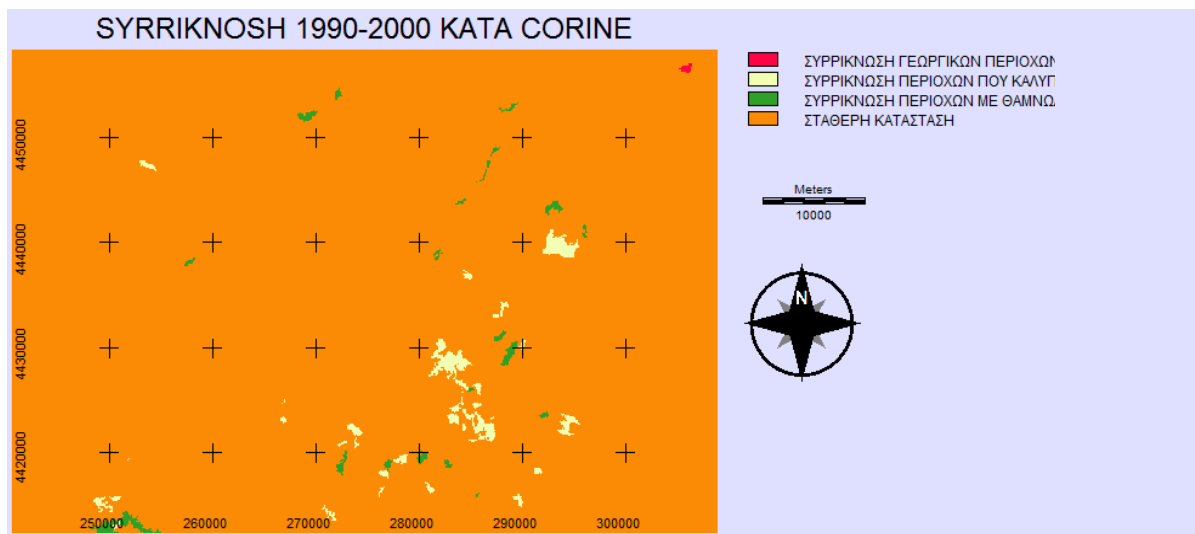
Πίνακας 9. Διαχρονικές αλλαγές χρήσεων γης από το 1998 έως το 2000 μέσω ανάλυσης ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων				
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΥΞΗΣΗ (μ ²)	ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ (μ ²)	ΣΥΝΟΛΟ (μ ²)	
ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	249.777.000	320.551.200	-70.774.200	-7.47%
ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	287.297.100	268.714.800	18.582.300	0,0139
ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	416.441.700	364.249.800	52.191.900	5.90%

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

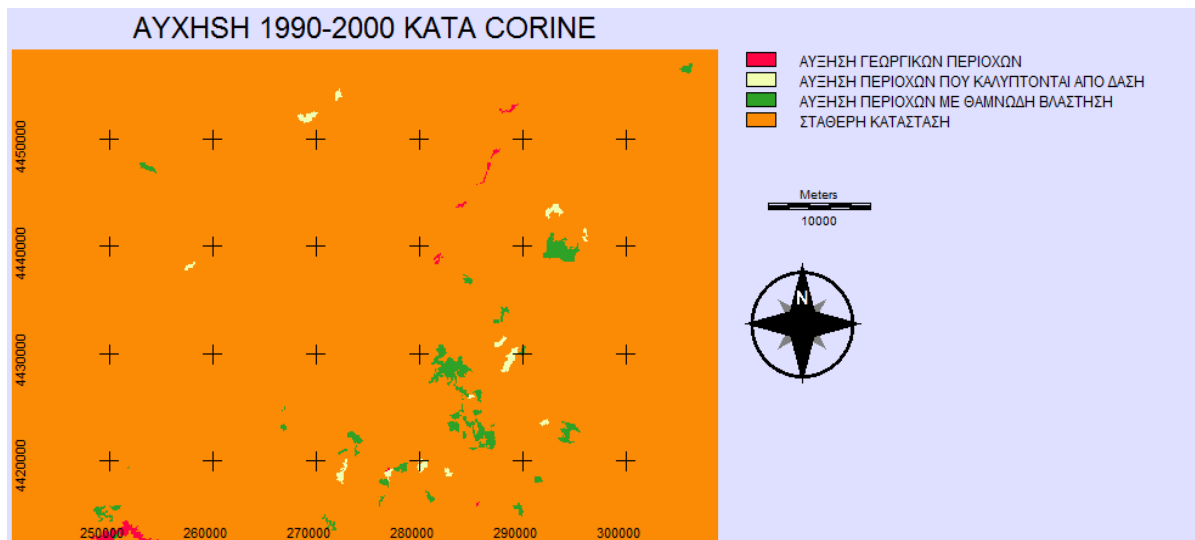
4.1. Συζήτηση

Τα αποτελέσματα της διαχρονικής ανάλυσης των καλύψεων γης, μέσω των δεδομένων του προγράμματος CORINE συνοψίζονται στους χάρτες που ακολουθούν, κάθε ένας από τους οποίους απεικονίζει τις μεταβολές και συγκεκριμένα την αύξηση ή συρρίκνωση των καλύψεων γης, που ανιχνεύθηκαν στη δεκαετία 1990-2000.



Εικόνα 34. Συρρίκνωση καλύψεων γης κατά τη περίοδο 1990-2000 (CORINE)

Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 35. Αύξηση καλύψεων γης κατά τη περίοδο 1990-2000 (CORINE)

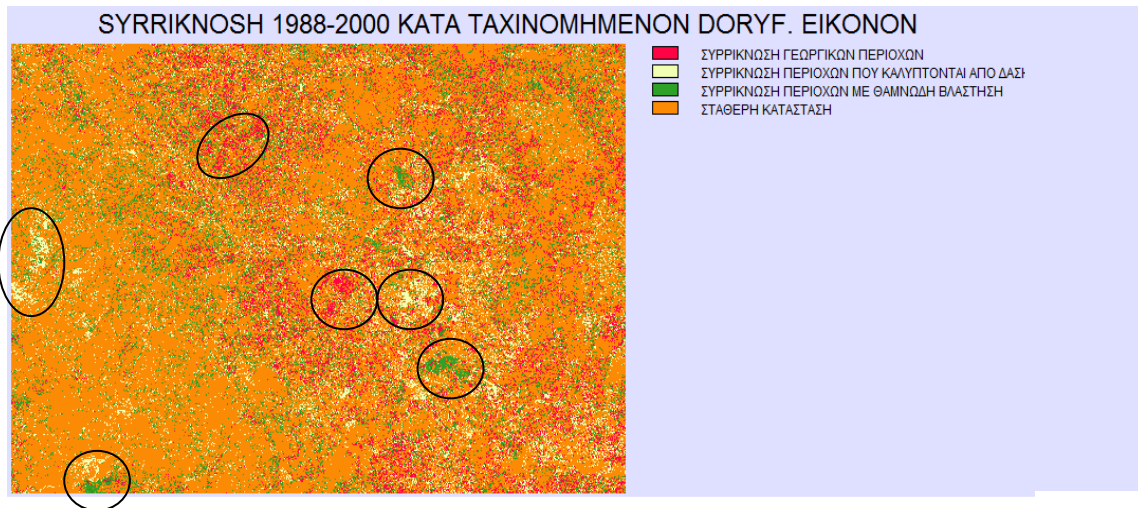
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Από την παρατήρηση των παραπάνω μεταβολών μπορούμε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με τις μεταβολές κάθε κατηγορίας κάλυψης. Συγκεκριμένα, για τις **γεωργικές περιοχές** παρατηρούμε ότι η επιφάνεια κατά την οποία μειώθηκε η κάλυψη τη δεκαετία 1990-2000, η οποία παρουσιάζεται με κόκκινο χρώμα στον χάρτη της συρρίκνωσης, κατά τη διάρκεια των 12 ετών μετατράπηκε σε περιοχή που καλύπτεται με θαμνώδη βλάστηση και αποτυπώνεται με πράσινο χρώμα στον χάρτη της αύξησης, ενώ η αύξηση των γεωργικών περιοχών προέκυψε από τη μείωση των περιοχών με θαμνώδη βλάστηση. Αν παρατηρήσουμε τον πίνακα 8, βλέπουμε ότι η αύξηση των γεωργικών περιοχών είναι μεγαλύτερη από τη μείωσή τους, «κλέβοντας» επιφάνειες από τις περιοχές με θαμνώδη βλάστηση.

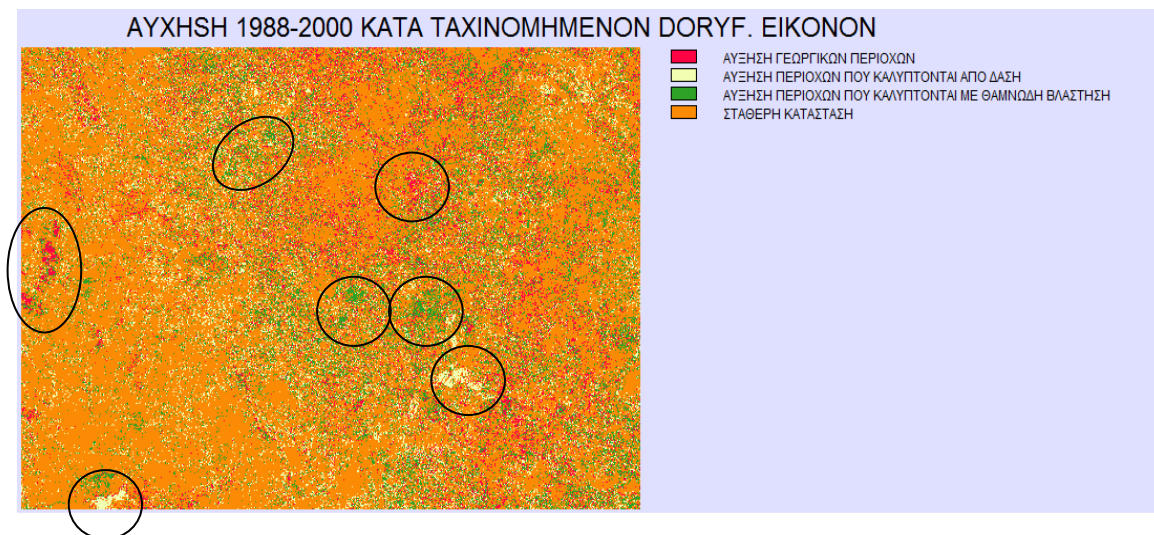
Όσον αφορά τις περιοχές που **καλύπτονται από δάση**, η συρρίκνωσή τους, όπως αυτή φαίνεται με άσπρο χρώμα στον πρώτο χάρτη, οδήγησε σε αύξηση των περιοχών που καλύπτονται με θαμνώδη βλάστηση, όπως παρουσιάζεται με πράσινο χρώμα στον δεύτερο χάρτη. Επιπλέον, η αύξησή τους προέκυψε από τη συρρίκνωση των περιοχών που καλύπτονται με θαμνώδη βλάστηση. Μέσω των δεδομένων του πίνακα 8, βλέπουμε ότι η αύξηση των περιοχών που καλύπτονται από δάση είναι μικρότερη της μείωσής τους, οδηγώντας τελικά στη μείωση των δασών στην περιοχή μελέτης για το χρονικό διάστημα 1990-2000, δίνοντας χώρο στις περιοχές που καλύπτονται με θαμνώδη βλάστηση.

Τέλος, η συρρίκνωση των περιοχών που καλύπτονται με **θαμνώδη βλάστηση**, η οποία παρουσιάζεται με πράσινο χρώμα στον πρώτο χάρτη, έδωσε επιφάνειες τόσο στις περιοχές που καλύπτονται από δάση όσο και στις γεωργικές περιοχές, αλλά σε μικρότερο βαθμό στις τελευταίες. Επιπλέον, η αύξηση της θαμνώδους βλάστησης συνδέεται με τη συρρίκνωση των περιοχών που καλύπτονται από δάση.

Τα αντίστοιχα αποτελέσματα της διαχρονικής ανάλυσης μέσω των ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων στο χρονικό διάστημα 1988-2000 παρουσιάζονται στους παρακάτω χάρτες.



Εικόνα 36. Συρρίκνωση καλύψεων γης κατά τη περίοδο 1988-2000 (δορυφορικές εικόνες)
 Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 37. Αύξηση καλύψεων γης κατά τη περίοδο 1988-2000 (δορυφορικές εικόνες)
 Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Είναι χαρακτηριστικό ότι η διαχρονική ανάλυση των καλύψεων γης, μέσω των ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων, έδωσε μεγαλύτερες μεταβολές σε σχέση με τις μεταβολές που έχουμε μέσω της διαχρονικής ανάλυσης μέσω του CORINE.

Επιπλέον, πολλά εικονοστοιχεία της κάθε κάλυψης γης παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά στο χώρο και μικρή πυκνότητα, επομένως δεν έχει νόημα να κάνουμε συγκρίσεις με αριθμούς. Είναι όμως σημαντικό να μελετήσουμε συγκεκριμένες περιοχές όπου έχουμε μεγάλες συγκεντρώσεις εικονοστοιχείων συρρίκνωσης ή αύξησης και να οδηγηθούμε σε συμπεράσματα μόνο για τις περιοχές αυτές και όχι συνολικά για την περιοχή μελέτης.

Παρατηρώντας τη συρρίκνωση των **γεωργικών περιοχών** στον πρώτο χάρτη, βλέπουμε ότι οδηγεί σε αύξηση των περιοχών που καλύπτονται με θαμνώδη βλάστηση, συμπέρασμα στο οποίο καταλήξαμε και μέσω της διαχρονικής ανάλυσης μέσω CORINE. Επιπλέον, η αύξηση των γεωργικών περιοχών όπως φαίνεται στο δεύτερο χάρτη, συνδέεται με μείωση αφενός των δασών, αφετέρου των περιοχών με θαμνώδη βλάστηση.

Σχετικά με τη συρρίκνωση των **περιοχών που καλύπτονται από δάση**, αυτή συνδέεται με αύξηση των γεωργικών περιοχών, καθώς και με την αύξηση των περιοχών που καλύπτονται από θαμνώδη βλάστηση, ενώ η αύξησή τους έχει σχέση με τη συρρίκνωση των περιοχών με θαμνώδη βλάστηση.

Τέλος η συρρίκνωση των περιοχών που καλύπτονται με **θαμνώδη βλάστηση** συνδέεται με την αύξηση τόσο των περιοχών που καλύπτονται από δάση, όσο και με την αύξηση των γεωργικών περιοχών, σε μικρότερο βαθμό στις τελευταίες, συμπέρασμα στο οποίο καταλήξαμε και μέσω της διαχρονικής ανάλυσης μέσω CORINE. Επιπλέον, η αύξηση της θαμνώδους βλάστησης συνδέεται με τη συρρίκνωση των περιοχών που καλύπτονται από δάση καθώς και των γεωργικών περιοχών.

Για να διαπιστωθεί τυχόν διάσταση ή ταύτιση των αποτελεσμάτων της διαχρονικής ανάλυσης μέσω των δεδομένων του προγράμματος CORINE και μέσω της ταξινόμησης δορυφορικών εικόνων, δημιουργήθηκε ο πίνακας που ακολουθεί, ο οποίος παρουσιάζει όλες τις μεταβολές των καλύψεων γης, καθώς και τις συσχετίσεις μεταξύ τους.

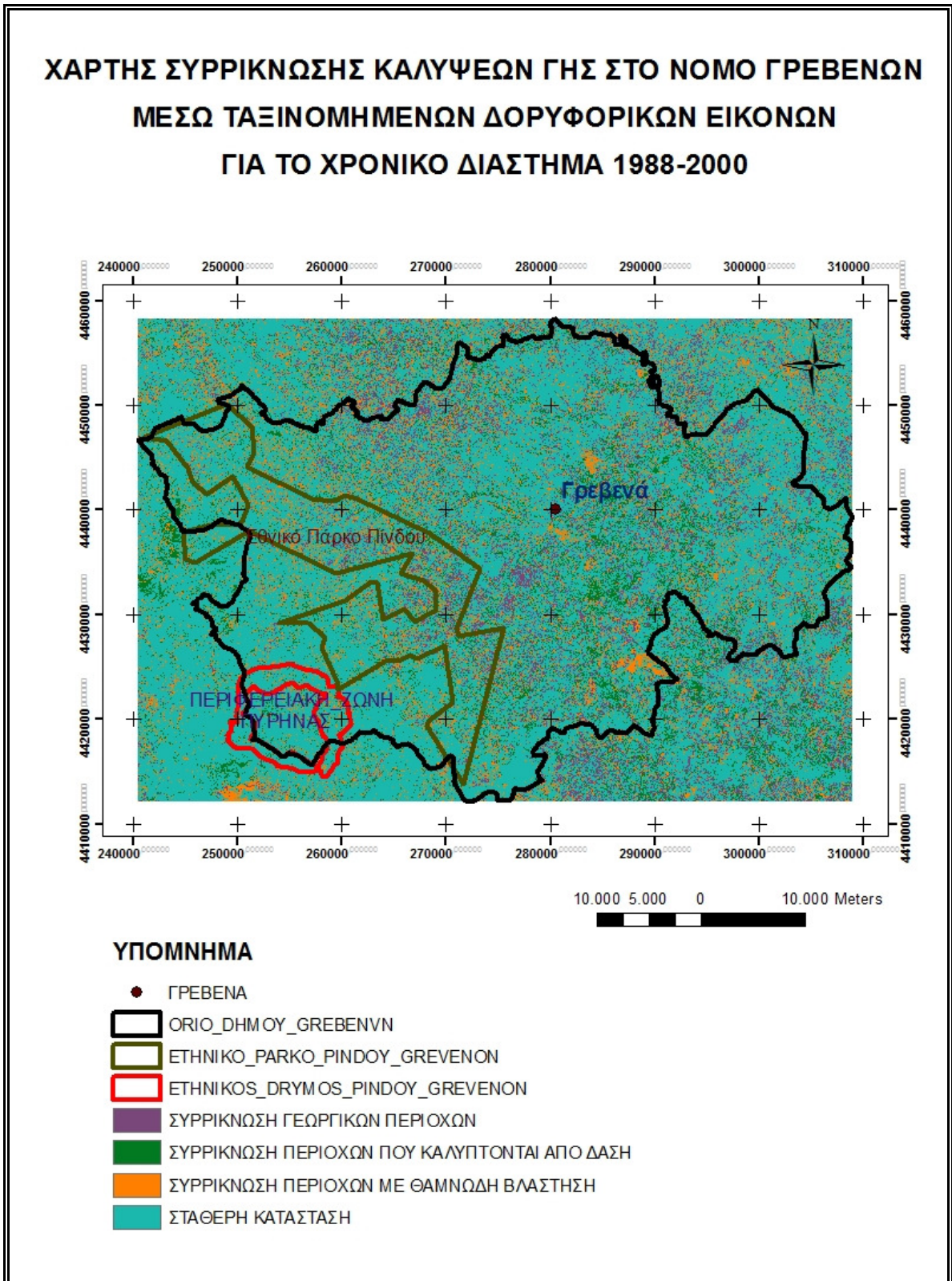
Πίνακας 10. Διαχρονικές αλλαγές χρήσεων γης – Σύγκριση αποτελεσμάτων μέσω CORINE και μέσω ανάλυσης ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων						
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	ΑΥΞΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	ΑΥΞΗΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	ΑΥΞΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ
ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ						CORINE
						ΔΟΡ/ΚΕΣ
ΑΥΞΗΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ			ΔΟΡ/ΚΕΣ		CORINE	
					ΔΟΡ/ΚΕΣ	
ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ		ΔΟΡ/ΚΕΣ				CORINE
						ΔΟΡ/ΚΕΣ
ΑΥΞΗΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ					CORINE	
					ΔΟΡ/ΚΕΣ	
ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ		CORINE		CORINE		
		ΔΟΡ/ΚΕΣ		ΔΟΡ/ΚΕΣ		
ΑΥΞΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΜΕ ΘΑΜΝΩΔΗ Η/ΚΑΙ ΠΟΩΔΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ	ΔΟΡ/ΚΕΣ		CORINE			
			ΔΟΡ/ΚΕΣ			

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

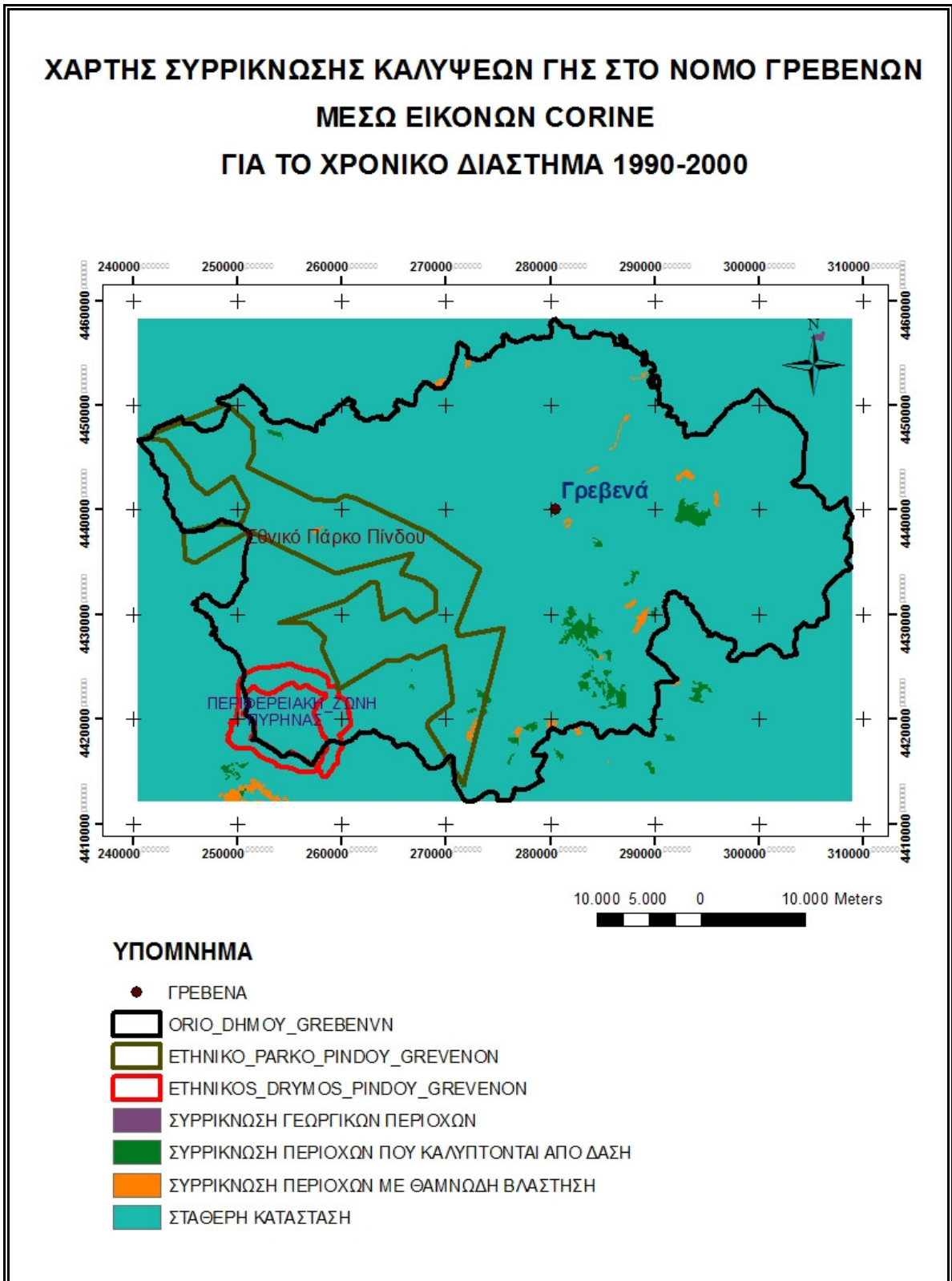
Τέλος ακολουθούν οι τελικοί χάρτες μεταβολών, δηλαδή αύξησης και συρρίκνωσης των τριών καλύψεων γης που εξετάζονται, στους οποίους αποτυπώνεται το όριο του Καλλικρατικού δήμου Γρεβενών. Επιπλέον, θεωρήθηκε εξαιρετικά ενδιαφέρον οι μεταβολές που αναλύονται στην παρούσα εργασία να συσχετιστούν με τα όρια των προστατευόμενων περιοχών του δήμου Γρεβενών. Για το λόγο αυτό στους χάρτες που ακολουθούν υπάρχει σαν πληροφορία το όριο του Εθνικού Δρυμού της Πίνδου και συγκεκριμένα το όριο της περιφερειακής ζώνης προστασίας και το όριο του πυρήνα, καθώς και το όριο του Εθνικού Πάρκου της Πίνδου, εντός του δήμου Γρεβενών.

Όπως ήταν αναμενόμενο, εντός των ορίων του Εθνικού Δρυμού της Πίνδου, δεν υπάρχουν μεταβολές στις καλύψεις γης, τόσο σύμφωνα με τα δεδομένα του προγράμματος CORINE, όσο και βάσει των ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων. Πρέπει να σημειωθεί ότι στους χάρτες μεταβολών που έχουν παραχθεί σύμφωνα με τις ταξινομημένες δορυφορικές εικόνες, υπάρχουν κάποια εικονοστοιχεία που καταδεικνύουν μεταβολή στο είδος κάλυψης, τα οποία όμως είναι μεμονωμένα και δεν έχουν βαρύτητα, καθώς δεν παρουσιάζουν καμία πυκνότητα

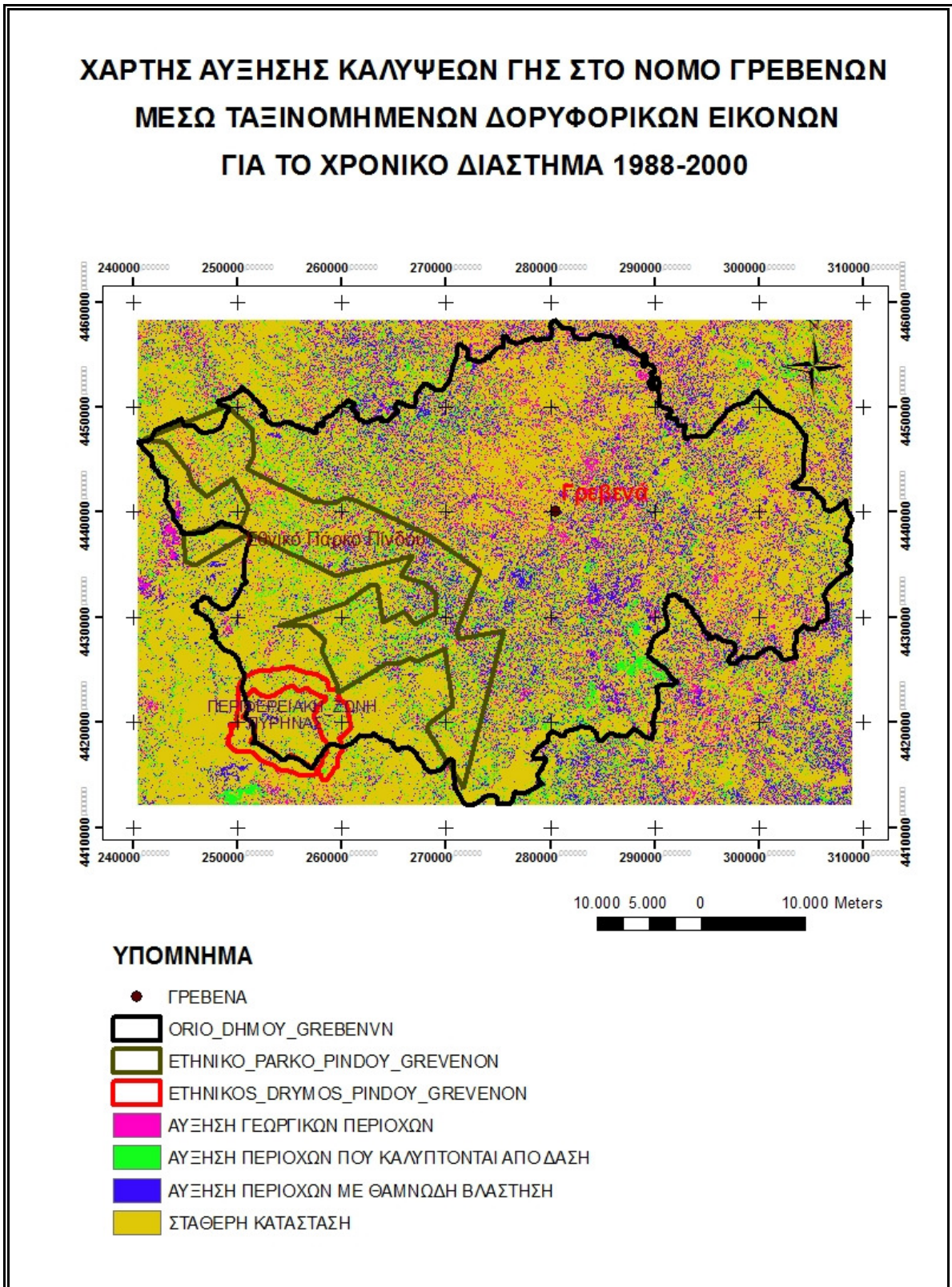
Εντός του ορίου του Εθνικού Πάρκου της Πίνδου τα δεδομένα του Προγράμματος CORINE καταγράφουν κάποιες «μετακινήσεις» καλύψεων από τη μία κατηγορία στην άλλη, μικρής όμως έκτασης. Συγκεκριμένα, παρατηρείται συρρίκνωση των περιοχών που καλύπτονται από δάση με παράλληλη αύξηση των περιοχών με θαμνώδη αύξηση και το αντίστροφο. Έτσι διατηρείται ισορροπία των δύο καλύψεων, αφού η διαφορά ΣΥΡΡΙΚΝΩΣΗ – ΑΥΞΗΣΗ είναι αμελητέα ποσότητα σε σχέση με την έκταση του Εθνικού Πάρκου της Πίνδου. Επιπλέον, μέσω των ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων παρατηρούμε κάποια μικρή αύξηση των περιοχών που καλύπτονται από δάση, χωρίς όμως και αυτά να παρουσιάζουν κάποια σημαντική πυκνότητα (πράσινο χρώμα).



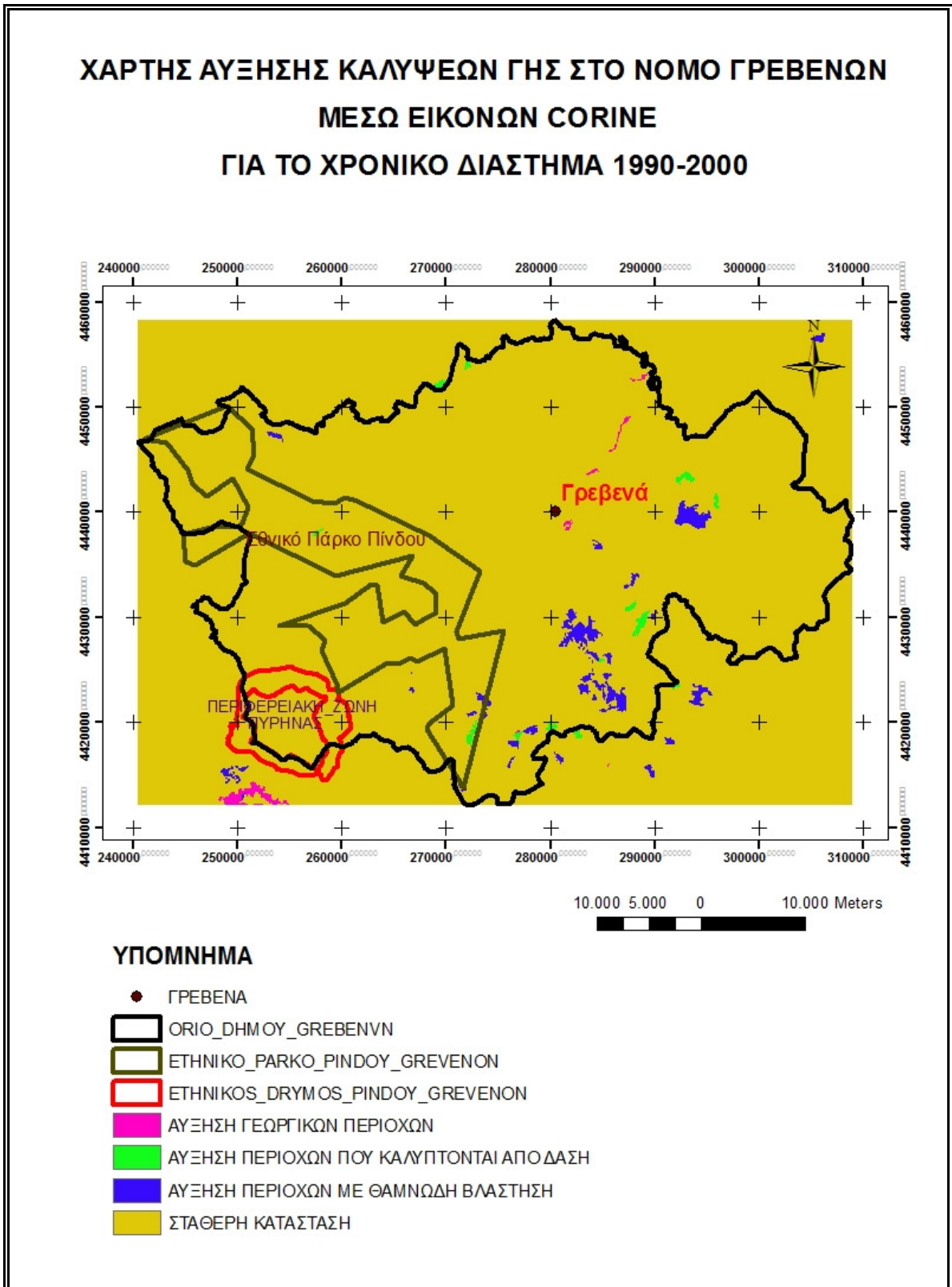
Εικόνα 38. Χάρτης Συρρίκνωσης Καλύψεων Γης στο Νομό Γρεβενών Μέσω Ταξινομημένων Δορυφορικών Εικόνων Κατά τη Περίοδο 1988-2000
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 39. Χάρτης Συρρίκνωσης Καλύψεων Γης στο Νομό Γρεβενών Μέσω Εικόνων CORINE Κατά τη Περίοδο 1990-2000
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



Εικόνα 40. Χάρτης Αύξης Καλύψεων Γης στο Νομό Γρεβενών Μέσω Ταξινομημένων Δορυφορικών Εικόνων Κατά τη Περίοδο 1988-2000
Πηγή: Ιδία επεξεργασία



**Εικόνα 41. Χάρτης Αύξης Καλύψεων Γης στο Νομό Γρεβενών Μέσω Εικόνων CORINE
Κατά τη Περίοδο 1990-2000**
Πηγή: Ίδια επεξεργασία

4.2. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των θεματικών χαρτών που προέκυψαν, μέσω των ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων, για τα έτη 1988 και 2000, δεν ανιχνεύτηκαν πολύ σημαντικές μεταβολές στις καλύψεις γης, στην ευρύτερη περιοχή του Καλλικρατικού Δήμου Γρεβενών, η οποία αποτελεί την περιοχή μελέτης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Παρατηρούνται κάποιες μικρές «μετακινήσεις» περιοχών από τη μια κάλυψη στην άλλη, όπως αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα που προηγήθηκε. Η θέση των περιοχών αυτών εντοπίζεται στους χάρτες που προηγήθηκαν, ώστε να είναι δυνατή περαιτέρω διερεύνηση των περιοχών αυτών, ακόμη και με αυτοψίες, ώστε να εντοπιστούν τα αίτια που οδήγησαν στις μεταβολές αυτές.

Στόχος μιας τέτοιας μελέτης η οποία διεξάγεται σε προστατευόμενη περιοχή είναι, μεταξύ άλλων, να εντοπίσει τυχόν συρρίκνωση των δασών η οποία στην περίπτωση μας, σύμφωνα με την ανάλυση των ταξινομημένων δορυφορικών εικόνων, οδηγεί σε αύξηση τόσο των γεωργικών περιοχών, όσο και των περιοχών που καλύπτονται με θαμνώδη βλάστηση. Η διερεύνηση των μεταβολών καλύψεων γης, εντός του ορίου του Εθνικού Δρυμού της Πίνδου και του Εθνικού Πάρκου της Πίνδου, οδήγησε σε πολύ θετικά συμπεράσματα. Όσον αφορά τον Εθνικό Δρυμό της Πίνδου δεν καταγράφηκε καμία μεταβολή των τριών καλύψεων γης που εξετάζουμε, ενώ εντός των ορίων του Εθνικού Πάρκου της Πίνδου παρατηρούνται κάποιες μικρές αλλαγές δασικών περιοχών σε περιοχές που καλύπτονται με θαμνώδη βλάστηση και αντίστροφα.

Το γεγονός ότι μέσα στη δωδεκαετία 1988-2000, που είναι η περίοδος για την οποία μελετάμε τις μεταβολές στις καλύψεις γης στην ευρύτερη περιοχή των Γρεβενών, δεν καταγράφονται σημαντικές αλλαγές, ειδικά εντός των ορίων των προστατευόμενων περιοχών, καταδεικνύει την αποτελεσματικότητα και τη σπουδαιότητα της προστασίας των ευαίσθητων οικοσυστημάτων, μέσω της ένταξής τους σε οργανωμένα δίκτυα περιβαλλοντικής προστασίας.

Για την περιοχή των Γρεβενών, παρόλο που η περίοδος 1988-2000 ήταν περίοδος σημαντικής ανάπτυξης επειδή αφενός ήταν η περίοδος της οργανωμένης λειτουργίας του Χιονοδρομικού Κέντρου Βασιλίτσας και αφετέρου μέσω των προγραμμάτων LEADER χρηματοδοτήθηκε η δημιουργία πολλών αγροτουριστικών μονάδων στην περιοχή. Εντούτοις, δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες αλλαγές στις καλύψεις γης της περιοχής, όχι μόνο εντός των ορίων των προστατευόμενων περιοχών, αλλά και ευρύτερα, γεγονός που καταδεικνύει την δυνατότητα ήπιας τουριστικής ανάπτυξης περιοχών με μεγάλο οικολογικό ενδιαφέρον, χωρίς τη διατάραξη του φυσικού περιβάλλοντος και με στόχο την αειφόρο ανάπτυξη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική:

1. Δ. Σταθάκης, Κ. Περάκης, Ι. Φαρασλής: “Διαχρονική Ανάλυση Χρήσεων Γης με Βάση τα Δεδομένα του Ευρωπαϊκού Προγράμματος CORINE Εξετάζοντας Τον Πίνακα Αλλαγών”, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Paper 2008
2. Κ. Καρτάλης, Χ. Φειδάς: *Αρχές & Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης*, Β. Γκιούρδας Εκδοτική, 2006
3. Ν. Συλλαίος : *Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών*, Εκδόσεις « ΓΙΑΧΟΥΔΗ-ΓΙΑΠΟΥΛΗ», Θεσσαλονίκη, 2000
4. Στ. Π. Μερτίκας : *Τηλεπισκόπηση & Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνα*, Εκδόσεις “ΙΩΝ” Στέλλα Παρίκου & ΣΙΑ Ο.Ε., Αθήνα, 1999

Ξενόγλωσση:

1. A. Wakeel a, K.S. Rao b,* , R.K. Maikhuri c, K.G. Saxena: “Forest Management and Land Use/Cover Changes in a Typical Micro Watershed in the Mid Elevation Zone of Central Himalaya, India”, Forest Ecology and Management, Vol.: 213, No.: 1–3, pp.: 229–242, 2005
2. B. Hack & M. Bechdol: “Multisensor Remote Sensing Data for Land Use/Cover Mapping”. Computers, Environment and Urban Systems Vol.: 23, No: 1, pp: 53–69, 1999
3. B.C. Pijanowski, D.G. Brown, B.A. Shellito, G.A. Manik: “Using Neural Networks and GIS to Forecast Land Use Changes: A Land Transformation Model.”, Computers, Environment and Urban Systems, Vol.: 26, No.: 6, pp. 553–575, 2002
4. C.H. Yu, C.H. Chen, C.F. Lin, S.L. Liaw: “Development of a System Dynamics Model for Sustainable Land Use Management”, Journal of the Chinese Institute of Engineers., Vol.: 26, No: 5, pp. 607–618, 2003
5. C.Y. He, P.J. Shi, J. Chen, X.B. Li, Y.Z. Pan, J. Li, Y.C. Li, J.G. Li: “Developing Land Use Scenario Dynamics Model by the Integration of System Dynamics Model and Cellular Automata Model”, Science in China Series D: Earth Sciences, Vol.: 48, No.: 11, pp. 1979–1989, 2005

6. G. Fischer, L.X. Sun: “Model Based Analysis of Future Land-Use Development in China”, Agriculture, Ecosystems & Environment, Vol.: 85, No: 1–3, pp. 163–176, 2001
7. H.M. Alshuwaikhat, K. Nassef: “A GIS-based Spatial Decision Support System for Suitability Assessment and Land Use Allocation”, Arabian Journal for Science and Engineering, Vol.: 21, No: 4A, pp. 525–543, 1996
8. J. Yang, H. Lee: “An AHP Decision Model for Facility Location Selection”, Facilities, Vol.: 15, No.: 9, pp.: 241–254, 1997
9. J. Zhang, Y. Zhang: “Remote Sensing Research Issues of the National Land Use Change Program of China”, Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol:62, pp: 461–472, ISPRS 2007
10. J.F. Chena, S.Q. Weib, K.T. Changc, B.W. Tsai: “A Comparative Case Study of Cultivated Land Changes in Fujian and Taiwan”, Land Use Policy, Vol.: 24 No: 2 pp.: 386–395, 2007
11. J.R. Anderson, E. Hardy, J. Roach, R. Witmer: “A Land-Use and Land-Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data.” US Geological Survey Profession, Paper 964, 1976
12. J.S. Bailly, M. Arnaud & C. Puech: “Boosting: a Classification Method for Remote Sensing.”, International Journal of Remote Sensing, Vol.: 28, No: 7. pp: 1687-1710, 2007
13. J.S. Deng, K. Wang, J. Li & Y.H. Deng: “Urban Land Use Change Detection Using Multisensor Satellite Images”, Pedosphere, Vol.: 19, No: 1, pp: 96–103, 2009
14. K. Perakis, K. Kyrimis, A. Kungolos : “Monitoring Land Cover Change Detection with Remote Sensing Methods in Magnesia Prefecture in Greece”, Fresenius Environmental Bulletin, Vol. 9, No. 09/10 pp. 527-690, 2000
15. T. Svoray, P. Bar, T. Bannet: “Urban Land-Use Allocation in a Mediterranean Ecotone: Habitat Heterogeneity Model incorporated in a GIS using a multi-criteria mechanism.”, Landscape and Urban Planning, Vol.: 72 No.:4, pp.: 337–351, 2005
16. X. Yang. & C.P. Lo: “Using a Time Series of Satellite Imagery to Detect Land Use and Land Cover Changes in the Atlanta, Georgia Metropolitan Area”. International Journal of Remote Sensing, Vol.: 23, No: 9, pp: 1775–1798. 2002

17. X.H. Liu, A.K. Skidmore & H.V. Oosten: "Integration of Classification Methods for Improvement of Land Cover Map accuracy.", Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol.: 56, No: 4, pp: 257–268, 2002
18. Z. Tang, B.A. Engel, B.C. Pijanowski, K.J. Lim: "Forecasting Land Use Change And its Environmental Impact at a Watershed Scale", Journal of Environmental Management, Vol.: 76, No.: 1, pp. 35–45, 2005

Διαδικτυακοί τόποι

1. <http://el.wikipedia.org/wiki/Τηλεπισκόπηση>, Τελευταία προσπέλαση: 04/04/2012
2. <http://geodata.gov.gr/geodata/>, Τελευταία προσπέλαση: 08/11/2011
3. <http://www.callisto.gr/>, Τελευταία προσπέλαση: 20/05/2012
4. <http://www.grevena.gov.gr/>, Τελευταία προσπέλαση: 02/05/2012
5. <http://www.gsrt.gr/>, Τελευταία προσπέλαση: 03/05/2012
6. <http://www.inspire.okxe.gr/index.php>, Τελευταία προσπέλαση: 05/04/2012
7. <http://www.isprs.org/>, Τελευταία προσπέλαση: 05/04/2012
8. <http://www.minagric.gr/greek/2.5.6.2.html>, Τελευταία προσπέλαση: 03/05/2012
9. <http://www.space.noa.gr/>, Τελευταία προσπέλαση: 05/04/2012
10. <http://www.surveyofindia.gov.in/>, Τελευταία προσπέλαση: 03/04/2012
11. <http://www.valiacalda.org.gr>, Τελευταία προσπέλαση: 02/05/2012
12. <http://www.vasilitsa.com>, Τελευταία προσπέλαση: 02/05/2012

Όνομα αρχείου: ΤΕΛΟΣ.doc
Κατάλογος: C:\Users\zvh\Desktop
Πρότυπο: C:\Users\zvh\AppData\Roaming\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Τίτλος: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ – ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
Θέμα:
Συντάκτης: Ζωή Αποστολίνα
Λέξεις - κλειδιά:
Σχόλια:
Ημερομηνία δημιουργίας: 11/6/2012 11:48:00 μμ
Αριθμός αλλαγής: 2
Τελευταία αποθήκευση: 11/6/2012 11:48:00 μμ
Τελευταία αποθήκευση από: zvh
Συνολικός χρόνος επεξεργασίας: 1 Λεπτό
Τελευταία εκτύπωση: 11/6/2012 11:50:00 μμ
Στοιχεία εγγράφου όπως καταγράφηκαν την τελευταία φορά που εκτυπώθηκε πλήρως
Αριθμός σελίδων: 75
Αριθμός λέξεων: 15.938 (περίπου)
Αριθμός χαρακτήρων: 86.069 (περίπου)