

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΙΤΛΟΣ: Επεξεργασία Δορυφορικών Εικόνων IRS-1C
LISS στην περιοχή της λίμνης Ταυρωπού του Ν.
Καρδίτσας, Σύνδεση με το Ερευνητικό Πρόγραμμα
LIFENA/GR/006480**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Τσιόρας Βασίλης

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Περάκης Κων/νος

Βόλος Σεπτέμβριος 2000

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ: Επεξεργασία Δορυφορικών Εικόνων IRS-1C LISS στην περιοχή της λίμνης Ταυρωπού του Ν. Καρδίτσας, Σύνδεση με το Ερευνητικό Πρόγραμμα LIFENAt/GR/006480

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Τσιότρας Βασίλης

Στο εξώφυλλο, δορυφορική εικόνα IRS-1C LISS

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Περάκης Κων/νος

Βόλος, Σεπτέμβριος 2000

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, κατά το ακαδημαϊκό έτος 1999-2000. Θεωρώ καθήκον μου να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Πρωτίστως θέλω να ευχαριστήσω το επιβλέποντα Λέκτορα κ. Περάκη Κώστα χωρίς τη συμβολή και τις γνώσεις του οποίου δεν θα ήταν δυνατή η εκπόνηση της. Επίσης τον Καθηγητή κ. Μαλούτα Θωμά, για την διάθεση του εξοπλισμού του εργαστηρίου Χωρικής Ανάλυσης και Θεματικής Χαρτογραφίας, στους χώρους του οποίου εκπονήθηκε μεγάλο μέρος της διπλωματικής εργασίας, όπως και τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Παππά Βασίλη για τις συμβουλές και τη βοήθεια που μου πρόσφερε κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Παράλληλα ευχαριστίες οφείλω σε πολλούς συναδέλφους και φίλους οι οποίοι καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, που παρείχαν κάθε δυνατή βοήθεια και συμβουλή. Αυτοί είναι ο μεταπτυχιακός φοιτητής κ. Πανταζής Παναγιώτης, ο μεταπτυχιακός φοιτητής κ. Φαρασλής Ιωάννης, ο διδακτορικός φοιτητής Hannay Dennis και άλλοι.

Τέλος αποδίδονται ευχαριστίες στο προσωπικό της Αναπτυξιακής Εταιρείας Καρδίτσας ANKA, και στους συνεργάτες αυτής που εργάστηκαν και εργάζονται στο πρόγραμμα LIFE, ιδιαίτερα την κα. Λαζαρίδου-Δημητριάδου Μαρία και την κα Τουρναβίτη Πόπη για την βοήθεια τους στη συλλογή των στοιχείων που ήταν απαραίτητα για την εργασία.

Βόλος Σεπτέμβριος 2000

Τσιότρας Βασίλης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

I Σκοποί και στόχοι της παρούσας εργασίας.....	5
II Λόγοι επιλογής του συγκεκριμένου θέματος.....	5
III Δομή της εργασίας.....	7
IV Υλικοτεχνική υποδομή.....	8
Κεφάλαιο 1 ^ο	
1.1 Εισαγωγικά.....	11
1.2 Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης	11
1.3 Η Τηλεπισκόπηση στη χωροταξία	12
1.4 Το Κοινοτικό Πρόγραμμα LIFE.....	16
1.4.1 Το πρόγραμμα LIFE στην Περιοχή μελέτης	18
1.5 Το πρόγραμμα Corine Land Cover	19
Κεφάλαιο 2 ^ο	
2.1 Εισαγωγικά.....	23
2.2 Γενικά ιστορικά στοιχεία για τη Λίμνη Πλαστήρα	23
2.3 Ειδικά στοιχεία για τη Λίμνη Ταυρωπού	26
2.4 Γεωλογικά χαρακτηριστικά λεκάνης απορροής	28
2.5 Μικροκλίμα λίμνης.....	28
2.6 Βλάστηση.....	28
2.7 Πανίδα.....	30
2.8 Σημαντικές προστατευόμενες περιοχές στην ευρύτερη περιοχή μελέτης.....	30
2.9 Φυσικό-γεωγραφικά χαρακτηριστικά ευρύτερης περιοχής μελέτης.....	30
2.10 Φυσικοί κίνδυνοι.....	35
2.11 Ανθρώπινο δυναμικό	36
2.11.1 Εξέλιξη του πληθυσμού.....	36
2.11.2 Απασχόληση	37
2.11.3 Οικονομική φυσιογνωμία.....	39

2.12 Αγροτική Ανάπτυξη και ΚΑΠ, Εξελίξεις-Προοπτικές.....	40
2.13 Ένταξη σε Ζώνες Αναπτυξιακών Κινήτρων	41
2.14 Λαογραφικά-Πολιτιστικά στοιχεία	42

Κεφάλαιο 3^ο

3.1 Εισαγωγή.....	45
3.2 Σκοπός δημιουργίας της βάσης δεδομένων.....	45
3.3 Σταθμοί δειγματοληψίας.....	46
3.3.1 Κριτήρια επιλογής	46
3.3.2 Περιγραφή σταθμών δειγματοληψίας στους χείμαρρους	46
3.3.3 Περιγραφή σταθμών δειγματοληψίας στη λίμνη.....	50
3.4 Οργάνωση της βάσης δεδομένων	50
3.5 Μεθοδολογία	51
3.5.1 Σύλληψη-δημιουργία της γεωγραφικής βάσης δεδομένων	51
3.5.2 Ψηφιακή – χωρική απεικόνιση της βάσης μέσω λογισμικών.....	52
3.5.3 Γενική χρήση της χωρικής βάσης δεδομένων.....	53

Κεφάλαιο 4^ο

4.1 Εισαγωγικά.....	57
4.2 Η ανόρθωση δορυφορικών εικόνων με τη χρήση λογισμικών Τηλεπισκόπησης	57
4.3 Επιβλεπόμενες ταξινομήσεις.....	62
4.4 Η μέθοδος ταξινόμησης μέγιστης πιθανοφάνειας (<i>maximum likelihood</i>).....	63
4.5 Το στάδιο της δειγματοληψίας.....	64
4.6 Δημιουργία των δειγματοληπτικών περιοχών	65
4.7 Εντοπισμός και οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών.....	68
4.8 Τα ασαφή συστήματα.....	70
4.9 Η ασαφής ταξινόμηση στην παρούσα εργασία	72

Κεφάλαιο 5^ο	
5.1 Εισαγωγή.....	77
5.2 Η αναγκαιότητα του υπολογισμού ακρίβειας ταξινομήσεων.....	77
5.3 Ιστορική αναδρομή.....	78
5.4 Τα βασικά βήματα.....	79
5.5 Βασικές τεχνικές ανάλυσης.....	80
5.5.1 Μη χωρικοί ειδικοί υπολογισμοί.....	80
5.5.2 Χωρικοί υπολογισμοί.....	81
5.6 Ο πίνακας σφάλματος (error matrix).....	81
5.7 Μαθηματική αναπαράσταση του πίνακα σφάλματος.....	83
5.8 Συμπληρωματικές τεχνικές ανάλυσης.....	84
5.8.1 Ο δείκτης K (Kappa).....	84
5.8.2 Προσαρμογή περιθωρίου (Margfit).....	85
5.8.3 Ανάλυση K ειδικού βάρους.....	86
5.9 Η διαδικασία του υπολογισμού ακρίβειας στην παρούσα εργασία.....	86
Κεφάλαιο 6^ο	
6.1 Επίλογος – συμπεράσματα.....	89
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	94

Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 1: Οι Δήμοι της Ευρύτερης Περιοχής Μελέτης **(σελ. 28)**

Χάρτης 2: Προσεγγιστική Χαρτογραφική Απεικόνιση Ποσοτικών Βιοφυσικών Μεταβλητών με τη βοήθεια του μοντέλου της Γραμμικής Παρεμβολής (Linear Interpolation Model) (Χωρική Μονάδα Αναφοράς 60 μ.) **(σελ.50)**

Χάρτης 3: Χρωματική Σύνθεση των Φασματικών Υπογραφών Καναλιών 4,2,1 σε χρωματισμούς κόκκινο, πράσινο, μπλε, δορυφορική εικόνα IRS-1C, Αύγουστος 1998 **(σελ. 56)**

Χάρτης 4: Ταξινόμηση Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood),δορυφορική εικόνα IRS-1C, Αύγουστος 1998 **(σελ. 69)**

Χάρτης 5: Ασαφής Ταξινόμηση (Fuzzy Classification), δορυφορική εικόνα IRS-1C, Αύγουστος 1998 **(σελ. 70)**

I. Σκοποί και στόχοι της παρούσας εργασίας

Οι πόροι του φυσικού περιβάλλοντος λόγω συνεχούς ανθρωπογενούς παρέμβασης είναι εξαιρετικά περιορισμένοι και η διατήρηση των παρόντων θεωρείται κομβικής σημασίας. Από τη παράνομη υλοτομία μέχρι την εναπόθεση όξινης βροχής στα Ευρωπαϊκά κράτη ο άνθρωπος έχει επηρεάσει σημαντικά τα οικοσυστήματα που τον φιλοξενούν.

Κύριος σκοπός αυτής της εργασίας είναι να πιστοποιηθεί ότι η χρήση επιστημονικών εργαλείων όπως η Τηλεπισκόπηση είναι εξαιρετικής σημασίας στην προσπάθεια εφαρμογής πολιτικών και λύσεων για το παραπάνω πρόβλημα.

Η ανάγκη χρήσης δορυφορικών δεδομένων για την παρακολούθηση της κατάστασης του περιβάλλοντος, έχει δημιουργηθεί εδώ και πολύ καιρό. Στη παρούσα εργασία θα αποδειχθεί σε βασικές γραμμές και με τη βοήθεια τεχνικών επαλήθευσης ότι, τα δεδομένα και η χρήση των εργαλείων της Τηλεπισκόπησης είναι ακριβή και ασφαλή.

Καθώς οι πόροι περιορίζονται ψάχνουμε ποικίλους τρόπους για να παρακολουθήσουμε την κατάσταση και να εκτιμήσουμε τη ροπή που αυτή θα έχει στο μέλλον. Για το λόγο αυτό δημιουργούνται χάρτες (ψηφιακοί ή μη) που συνδυάζουν πολλά επίπεδα δεδομένων. Σημαντικό είναι αυτοί οι χάρτες να είναι γνωστής ακρίβειας, με σκοπό οι αποφάσεις που στηρίζονται στην πληροφορία που περιέχεται στους χάρτες να είναι αποτελεσματικοί. Έτσι εάν είναι γνωστή η ακρίβεια του χάρτη υπάρχει δυνατότητα ενσωμάτωσης των σχετικών με την ακρίβεια απαιτήσεων, στο σχεδιασμό της δράσης που επιλέγουμε, και η δημιουργία πιθανών λύσεων στην περίπτωση που η ακρίβεια είναι μικρή¹.

Συμπληρωματικά με τα παραπάνω σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι να παρουσιάσει τις νέες ιδέες στον τομέα της Τηλεπισκόπησης όπως τα ασαφή συστήματα και η ακρίβεια των ταξινομήσεων και να αναδείξει αποτελεσματικότερες μεθόδους για την εφαρμογή διαδικασιών ταξινομήσεων.

II Λόγοι επιλογής του συγκεκριμένου θέματος.

Οι λόγοι που με οδήγησαν στην επιλογή αυτού του θέματος είναι αναλυτικά:

¹ Rusell G. Congalton & Kass Green, Assessing the accuracy of the remotely sensed data: principles and practices, 1999

- **Η πρωτοτυπία του θέματος:** Η προσπάθεια σύνδεσης της Τηλεπισκόπησης με τη Χωροταξία είναι πλέον σημαντική σε ολόκληρη την επιστημονική κοινότητα. Στο πλαίσιο των νέων αντιλήψεων για το σχεδιασμό του χώρου, θεωρείται απαραίτητη η επόπτευση του με μέσα ακριβή και συμβατά. Στην ακρίβεια δίνεται η μεγαλύτερη σημασία, αφού είναι αναγκαίο οι επιλογές των αποφάσεων μας να είναι οι εγκυρότερες και αποτελεσματικότερες. Παράλληλα η σύνδεση των δορυφορικών δεδομένων με βάσεις γεωγραφικών δεδομένων και ο συνδυασμός αντίστοιχων λογισμικών, είναι ένας τομέας που δεν έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα. Ο συνδυασμός όμως αυτός είναι ικανός να προσδώσει μεγάλες δυνατότητες και επαρκέστερα εργαλεία στα χέρια των χωροτακτών στη λήψη αποφάσεων, αφού επιτυγχάνεται επαρκέστερη επίβλεψη και παρακολούθηση της περιοχής ενδιαφέροντος, όπου καλούμαστε να εφαρμόσουμε πολιτικές και σχέδια.
- **Οι μελλοντικές τάσεις στο χώρο της Τηλεπισκόπησης και γενικότερα τον τομέα των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών:** Η πρόοδος της τεχνολογίας μας δίνει πολλές επιλογές ως προς την δυνατότητα απόκτησης πληροφοριών, σχετικών με τα χωρικά επίπεδα που αφορούν την παρούσα εργασία. Έτσι η επιστήμη και οι μέθοδοι της Τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται ως ένα σημαντικό εργαλείο της Χωροταξίας και της περιφερειακής Ανάπτυξης².
- **Η διαθεσιμότητα του υλικού, για την επαρκέστερη κάλυψη του θέματος:** Η επιλογή της συγκεκριμένης εφαρμογής (case study) είναι σαφές ότι επηρεάστηκε από το γεγονός ότι η βιβλιοθήκη των δεδομένων της Μονάδας Τηλεπισκόπησης του Εργαστηρίου του Αγροτικού Χώρου και του Εργαστηρίου Γεωγραφικών Ερευνών είχε διαθέσιμα όλα τα δορυφορικά δεδομένα που ήταν χρήσιμα για την απεικόνιση της περιοχής και τη μελέτη της.
- Τέλος αυτή η εργασία αποτελεί τμήμα των εργασιών που λαμβάνουν χώρα στα πλαίσια του **Κοινοτικού Προγράμματος LIFENAT/GR/006480** της περιοχής Λίμνης Ταυρωπού (Πλαστήρα), του Νομού Καρδίτσας που εκπονείται από την αναπτυξιακή Εταιρεία Καρδίτσας (ΑΝΚΑ) σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

² Βλ. Κυρίμης, Μπέτσας 1998

III Δομή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναλύει τις εξελίξεις στον τομέα της Τηλεπισκόπησης και τον τρόπο με τον οποίο αυτές δύναται να αλλάξουν ορισμένες παγιωμένες αντιλήψεις γύρω από τη σχέση τέτοιων τεχνικών με τη Χωροταξία και την Περιφερειακή Ανάπτυξη. Έτσι υπεισέρχονται θέματα που αφορούν τις βάσεις δεδομένων, τα ασαφή σύνολα, τον υπολογισμό ακρίβειας των ταξινομήσεων. Η ανάπτυξη της εργασίας πραγματοποιείται σε 6 θεματικές ενότητες. Στο πρώτο τμήμα κάθε κεφαλαίου επιχειρείται μια θεωρητική και εννοιολογική αναφορά³, για τα θέματα που αναλύονται σε κάθε ενότητα. Στο δεύτερο τμήμα, κάθε κεφαλαίου παρατίθεται η διαδικασία και μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία. Τα αποτελέσματα χαρτογραφούνται με τη χρήση των εργαλείων της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, η σημασία των οποίων στην ανάλυση, στο σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων είναι μεγάλη.

Το πρώτο κεφάλαιο πραγματεύεται την σύνδεση της Τηλεπισκόπησης με το αντικείμενο της Χωροταξίας. Προσδιορίζονται σε αυτό, σε γενικές γραμμές, οι βασικές αρχές της Τηλεπισκόπησης και οι εφαρμογές της. Παράλληλα γίνεται αναφορά στη σύνδεση της Τηλεπισκόπησης με προγράμματα όπως το Life και το Corine Land Cover, εκ των οποίων το πρώτο αποτελεί ιδιαίτερο τμήμα της παρούσας εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, επιχειρείται η παρουσίαση χωρικής μελέτης ευρύτερης περιοχής της Λίμνης Πλαστήρα του Ν. Καρδίτσας, με την αναφορά στα γεωγραφικά, δημογραφικά, οικονομικά και πολιτιστικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Το επόμενο κεφάλαιο πραγματεύεται, την προσέγγιση των στόχων του προγράμματος LIFE, μέσα από τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με σκοπό την πολυεπίπεδη παρακολούθηση της περιοχής

Ένα από τα σημαντικότερα τμήματα της Διπλωματικής εργασίας (μαζί με το επόμενο κεφάλαιο) αποτελεί το 4ο κεφάλαιο που σχετίζεται με τις εργασίες που έγιναν με τις δορυφορικές εικόνες που δεν ήταν ανορθωμένες σε κάποιο γνωστό σύστημα αναφοράς. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε κατά την εκπόνηση της εργασίας και οι τρόποι με τους οποίους αντιμετωπίστηκαν τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα

³ Εξάιρεση αποτελεί το 2^ο Κεφάλαιο λόγω της ιδιαιτερότητας του

από την παρουσίαση θεωρητικών και εννοιολογικών αποσαφηνίσεων των διαφόρων τεχνικών που προσεγγίζονται. Ακολούθως το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με τις ταξινομήσεις που εφαρμόστηκαν προκειμένου να εξαχθούν τα στοιχεία που ήταν απαραίτητα για την κατασκευή των ψηφιακών χαρτών. Αρχικά λοιπόν αναφέρεται το είδος της ταξινόμησης που χρησιμοποιήθηκε καθώς και κάποια γενικά χαρακτηριστικά αυτού. Κατόπιν ασχολούμαστε με τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε. Στη συνέχεια καλύπτεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε προκειμένου να εξάγουμε τα αποτελέσματα. Παράλληλα παρεμβάλλεται η νέα προσέγγιση στο χώρο των ταξινομήσεων που δεν είναι άλλη από τα ασαφή σύνολα.

Το επόμενο κεφάλαιο πραγματεύεται τη θεωρία του υπολογισμού ακρίβειας των ταξινομήσεων (Accuracy assessment) η οποία παρατίθεται στην αρχή και μέσα από την παρουσίαση των τεχνικών (πίνακες σφαλμάτων), με τις οποίες επιτυγχάνεται ο υπολογισμός της ακρίβειας των ταξινομήσεων που εφαρμόστηκαν σε προηγούμενο στάδιο.

Στο τελικό κεφάλαιο δίνονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από την εργασία αυτή καθώς και προτάσεις για τη λύση των διαφόρων προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια αυτής.

IV Υλικοτεχνική υποδομή

Τα δορυφορικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία ανήκουν στη βιβλιοθήκη δεδομένων του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Το μεγαλύτερο μέρος της επεξεργασίας τους έγινε στο Εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης, με τη χρήση των κάτωθι λογισμικών:

- **Erdas 8.3.1 imagine**
- **Idrisi for Windows 32**

Τα χαρτογραφικά αποτελέσματα εξήχθησαν με τη χρήση των λογισμικών:

- **ArcView 3.0a**
- **Adobe Photoshop 5.0**
- **Corel Draw 9.0**
- **Microsoft Word 97**
- **Microsoft Excel 97**
- **ArcView Spatial Analyst**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

1.1 Εισαγωγικά

Στη βιβλιογραφία η έννοια της Τηλεπισκόπησης ορίζεται ως: Η Τηλεπισκόπηση είναι η επιστήμη και η τεχνική της αποκόμισης πληροφορίας για ένα αντικείμενο, μια περιοχή ή ένα φαινόμενο, με τη βοήθεια της ανάλυσης της πληροφορίας από ένα μέσο που δεν βρίσκεται σε επαφή με το αντικείμενο, την περιοχή ή το φαινόμενο που εξετάζεται (Lillesand, Kieffer 1994). Η πληροφορία και τα στοιχεία που συλλέγονται και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην Τηλεπισκόπηση δύναται να είναι διαφόρων τύπων⁴. Παρακάτω θα αναλύσουμε τις χρήσεις της Τηλεπισκόπησης και τη σχέση της με τη Χωροταξία.

1.2 Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης

Λόγω της εξαιρετικής ευελιξίας των μεθόδων που χρησιμοποιεί η Τηλεπισκόπηση, αν και είναι νέο επιστημονικό πεδίο, γρήγορα έχει εξελιχθεί σε βασικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλούς επιστημονικούς και τεχνολογικούς τομείς. Η δυνατότητα της να απεικονίζει μέσω των δορυφορικών εικόνων χαρακτηριστικά της επιφάνειας της γης που δεν μπορούν να απεικονιστούν με άλλο τρόπο, την καθιστά αναντικατάστατο βοήθημα. Οι τομείς που εφαρμόζεται η Τηλεπισκόπηση είναι οι εξής⁵:

- Στη **γεωργία, δασολογία και βοτανολογία**, για την εμφάνιση της έκτασης και του τύπου κάλυψης της βλάστησης. Επίσης την πρόβλεψη όγκου παραγωγής και στην περίπτωση των παραγωγών για τον έλεγχο της κατάστασης της σοδειάς.
- Στη **γεωλογία, γεωμορφολογία και γεωδαισία**, για τον προσδιορισμό της μορφής του γεωλογικού στρώματος, τον εντοπισμό ρηγμάτων, την παρατήρηση τεκτονικών κινήσεων και για τον εντοπισμό ορυκτών κοιτασμάτων.

⁴ Κυρίμης και Μπέτσης 1998

⁵ Σημειώσεις του μαθήματος Τηλεπισκόπησης, Κ. Περάκης 1997

- Στην **ωκεανογραφία**, για την καταγραφή της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, τη χαρτογράφηση των υδάτινων ρευμάτων και των εντοπισμό των κυμάτων.
- Στη **μετεωρολογία**, για την παρουσίαση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, της πίεσης, της υδατικής εξάτμισης και τη μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου.
- Στην **υδρολογία**, για την καταγραφή των υδάτινων πόρων, την παρακολούθηση της ροής των υδάτων, τον υπολογισμό του ευτροφισμού των λιμνών, τον εντοπισμό μολύνσεων στη θάλασσα και άλλων.
- Στην **τοπογραφία** και στη **χαρτογραφία** για τη λήψη ακριβών δεδομένων σε δεδομένα συστήματα αναφοράς.
- Στον **έλεγχο καταστροφών**, προκειμένου να γίνεται έγκαιρη διάγνωση καταιγίδων, χιονοστιβάδων, κατολισθήσεων αλλά και για την εκτίμηση των καταστροφών.
- Στη **χωροταξία** και το **σχεδιασμό του χώρου**, για τη δημιουργία απογραφών χρήσεων γης, τον έλεγχο διαχρονικών αλλαγών, την ακριβής καταγραφή των αλλαγών του δομημένου χώρου, την απογραφή δικτύων και τις εκτιμήσεις πληθυσμού και ποιότητας πόρων.
- Για **στρατιωτική χρήση**, όπου πραγματικά η Τηλεπισκόπηση μέσω των τεραστίων δυνατοτήτων δορυφόρων που κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται για τέτοιους σκοπούς έχει αναδειχθεί σε πολύτιμο βοήθημα (Περάκης Κ. 1997).

1.3 Η Τηλεπισκόπηση στη χωροταξία

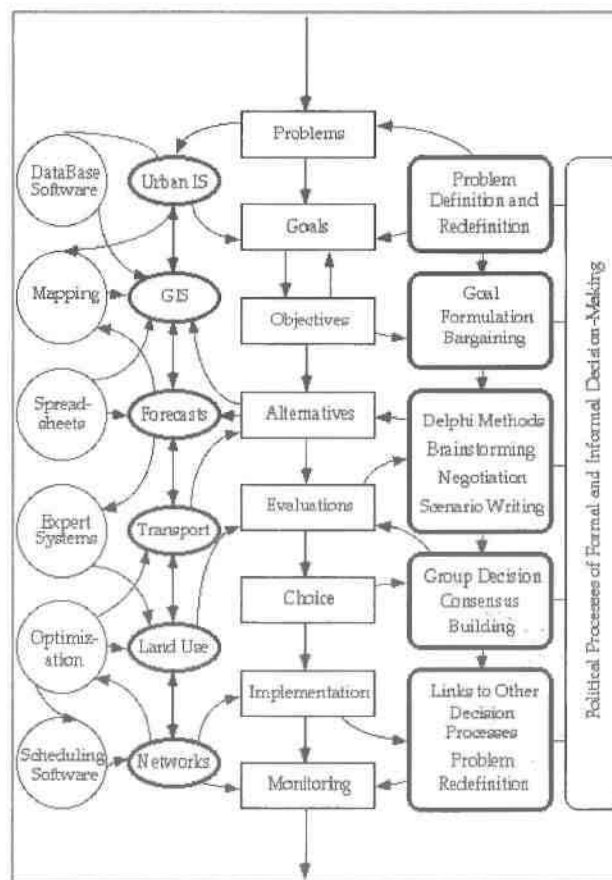
Ανάλογα με τη διακριτική ικανότητα των δορυφορικών δεδομένων, οι μέθοδοι της Τηλεπισκόπησης χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές της πολεοδομίας, της Χωροταξίας και της Περιφερειακής Ανάπτυξης (Κυρίμης, Μπέτσης 1998).

Η πληθώρα των εφαρμογών κυμαίνεται σε ευρύ φάσμα. Έτσι μπορούμε:

- Να εντοπίσουμε την ποιότητα του δομημένου χώρου
- Να προβούμε σε εκτιμήσεις πληθυσμού
- Να κάνουμε απογραφή χρήσεων γης
- Να ελέγξουμε αποτελεσματικότερα τις χρήσεις γης, μέσω παρατήρησης των διαχρονικών αλλαγών

- Να εντοπίσουμε αυθαίρετα κτίσματα
- Να επιτευχθούν χωρικές μελέτες των πολιτικών που αναφέρονται στις καλύψεις γης
- Να εξαχθούν συμπεράσματα για την επιτυχία ή όχι της πολιτικής αυτής

Ο σχεδιασμός και η διαχείριση στη βάση τους περιέχουντο εξής πρόβλημα (Michael Batty, Paul J. Densham 1996): η διαδικασία περιέχει πολλούς τρόπους ανάλυσης οι οποίοι μπορεί να περιέχουν μοντέλα προσομοίωσης (simulation models), τα οποία παρέχουν προβλέψεις και περιγραφές, που μας κατευθύνουν στη διαδικασία εύρεσης άλλων εναλλακτικών λύσεων. Η τελική απόφαση επηρεάζεται από κάθε



Εικόνα 1.3.1: Τα δορυφορικά δεδομένα στο σχεδιασμό αποφάσεων.
Πηγή: www.ucl.ac.uk/~pdensham

στάδιο αυτής της διαδικασίας, ενώ η διαδικασία της υλοποίησης του επιλεγμένου σχεδίου, μπορεί να περιέχει ξανά διαφορετικά μοντέλα προσομοίωσης. Η γενική διαδικασία είναι δηλαδή κυκλική. Στην πράξη ο σχεδιασμός είναι συχνά αποσπασματικός και αποκλίνει από τον τυπικό του στόχο. Παρ' όλα αυτά η διαδικασία του σχεδιασμού ενέχει τα παραπάνω χαρακτηριστικά (Εικόνα

1.3.1). Η ίδια εικόνα δείχνει πως τα δορυφορικά δεδομένα μπορούν να συμβάλουν στη σχετική ακολουθία.

Πολλοί μελετητές υποστηρίζουν ότι πραγματικά το Σύστημα Υποστήριξης του Σχεδιασμού (PSS⁶), μπορεί να συνδέσει τα δορυφορικά δεδομένα με τα διαφορετικά στάδια της διαδικασίας. Η εργασία αυτή έχει σκοπό έχει επίσης να δείξει ότι η Τηλεπισκόπηση και κατ' επέκταση τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS), συνδέονται άμεσα και άρρηκτα με κάθε διαδικασία σχεδιασμού του χώρου. Με τη χρήση λογισμικών μπορεί να επιτευχθεί επαρκέστερη ανάλυση των διαθέσιμων δεδομένων και μεγαλύτερη ακρίβεια στις προβλέψεις και στις εκτιμήσεις.

Η παραγωγή καλύτερων σχεδίων βοηθά στην επαρκέστερη εκτίμηση των συνεπειών των αποφάσεων, αλλά μόνο με τις σωστές αποφάσεις είναι δυνατή η πραγματική λύση των προβλημάτων. Βασικός λοιπόν στόχος είναι πλέον να γνωρίζει ο χωροτάκτης ότι τα δεδομένα στα οποία στηρίχθηκε είναι τα πλέον κατάλληλα και ακριβή.

Η Τηλεπισκόπηση συνεισφέρει σημαντικά στο σχεδιασμό του χώρου, γιατί έχει τη δυνατότητα να παρέχει μεγάλες ποσότητες συμπληρωματικής πληροφορίας. Η ποιότητα των αποφάσεων εξαρτάται από τη ποιότητα αυτών των δεδομένων. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, δεν δημιουργούν περισσότερα δεδομένα απλά, συμβάλουν στο να είναι διαθέσιμες όλες αυτές η πληροφορίες στον κάθε ενδιαφερόμενο. Η συνεισφορά αυτών των εργαλείων στη διαδικασία σχεδιασμού, έγκειται στην εμφάνιση νέων μεθοδολογιών και μοντέλων οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση των εναλλακτικών λύσεων.

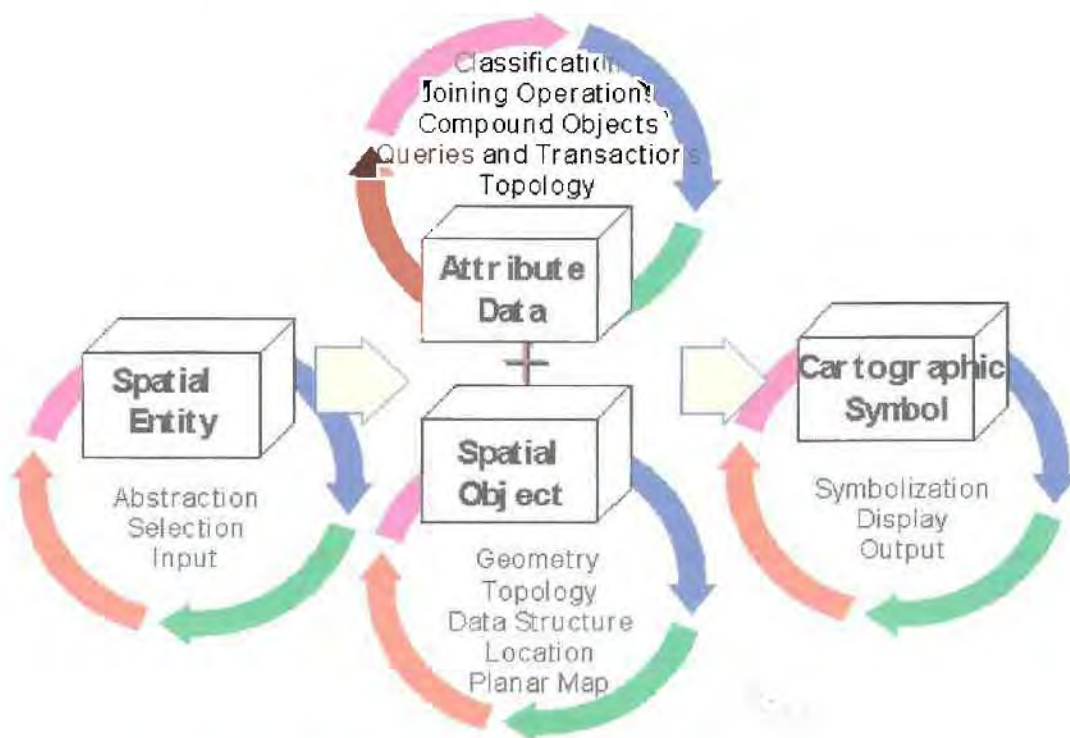
Οι David Stevens και Derek Thompson, υποστηρίζουν ότι οι διαδικασίες σχεδιασμού κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες:

- **Μη δομημένες διαδικασίες:** όπου η διαδικασία εξαρτάται μόνο από τον χωροτάκτη και οι σκοποί και οι προβληματικές δεν είναι διευκρινισμένοι.
- **Ημιδομημένες διαδικασίες:** όπου οι διαδικασίες δεν είναι πλήρως καθορισμένες. Η χρήση εργαλείων όπως η Τηλεπισκόπηση, παρέχει εδώ οργανωμένα μοντέλα που ολοκληρώνουν αποτελεσματικότερη τη διαδικασία.

⁶ Planning Support System

- **Δομημένες διαδικασίες:** πλήρης καθορισμός διαδικασιών, με αποτελεσματική χρήση των εργαλείων, επιτυγχάνονται τέλειες λύσεις

Σύμφωνα με τους David Stevens και Derek Thompson Τα περισσότερα προβλήματα του σχεδιασμού του χώρου σε αναπτυσσόμενες χώρες ανήκουν κατά τους, στη δεύτερη κατηγορία και μόνο με αποτελεσματική χρήση των πλεονεκτημάτων που προσφέρει η Τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι δυνατή η επίτευξη των στόχων.



Εικόνα 1.3.2 Τα 4 συστατικά της λήψης απόφασης
 Πηγή: www.ac.uk/~densham

Οι Laurini και Thomson (1990) υποστηρίζουν ότι τα δορυφορικά δεδομένα, αποτελούν ένα ολοκληρωμένο τρόπο παρακολούθησης των προβλημάτων του κόσμου. Με την ευρύτερη χρήση αυτών θα επιτευχθεί καλύτερη επόπτευση των χωρικών προβλημάτων και διευκολύνεται η διαδικασία λήψης αποφάσεων. Επιπλέον μικραίνει έτσι το χάσμα μεταξύ του επιθυμητού και του προτεινόμενου, δηλαδή επιτυγχάνεται αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση προβλημάτων που υπεισέρχονται σε κάθε διαδικασία χωρικού σχεδιασμού. Παράλληλα μειώνεται η πιθανότητα επιλογής αντιθέτων με τους στόχους αποφάσεων με χρήση μεθόδων που

εξαφανίζουν τις χωρικές αντιθέσεις. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί η σημασία του γεγονότος ότι η επιλογή των μεθόδων και των μοντέλων εξαρτάται άμεσα από τους στόχους που τίθενται αρχικά.

Τα δορυφορικά δεδομένα και οι τεχνολογίες του χώρου επεκτείνονται τα τελευταία χρόνια σε πολύ μεγάλο βαθμό. Συγχρόνως γίνεται εμφανέστερη η ανάγκη συσχέτισης αυτών των εργαλείων με βάσεις δεδομένων που σκοπό έχουν να βοηθήσουν στην αποτελεσματικότερη αντίληψη του χώρου.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση δίνει πλέον μεγάλη βαρύτητα στη χρήση τέτοιων τεχνολογικών εργαλείων, υιοθετώντας τη χρήση τους ως απαραίτητη για τη διεξαγωγή και ολοκλήρωση των προγραμμάτων της. Αναφορικά στην κατηγορία αυτή ανήκουν προγράμματα όπως το LIFE, το Corine land Cover και άλλα.

1.4 Το Κοινοτικό Πρόγραμμα LIFE

Είναι γεγονός ότι δίνεται πλέον μεγάλη σημασία στα περιβαλλοντικά προβλήματα που μαστίζουν την παγκόσμια κοινότητα. Πολλοί είναι οι παράγοντες που συντελούν στη εμφάνιση τέτοιων προβλημάτων και η αντιμετώπιση τους έχει αποκτήσει ιδιαίτερη βαρύτητα για τις χώρες αυτού του πλανήτη.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχοντας συνειδητοποιήσει αυτή την κατάσταση έχει δρομολογήσει την εφαρμογή μιας σειράς πολιτικών, κινήτρων και συμφωνιών με ευνοϊκούς όρους για τους ενδιαφερόμενους που σκοπό έχουν την αποτελεσματικότερη προστασία απέναντι σε αυτά τα προβλήματα. **Η πολιτική της Ένωσης για το περιβάλλον επικεντρώθηκε στην ελαχιστοποίηση των συνεπειών του συνεχώς υποβαθμιζόμενου περιβάλλοντος, αλλά και στην εφαρμογή μηχανισμών πρόληψης.**

Αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν το 1992 η Κοινότητα να εγκρίνει το 5^ο πρόγραμμα δράσης με τίτλο «Στόχος η Αειφορία» το οποίο σε γενικές γραμμές διαπιστώνει τρία βασικά σημεία:

- ◆ Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος στην Ευρωπαϊκή Ένωση συνεχίζεται
- ◆ Η βιωσιμότητα του παρόντος πολυτομεακού μοντέλου ανάπτυξης κρίνεται αδύνατη και η μεταβίβαση τους σε επόμενες γενιές είναι προβληματική.
- ◆ Η θέσπιση ρυθμίσεων δεν φαίνεται ικανή να αντιμετωπίσει σε

ικανοποιητικό βαθμό τα προβλήματα που εγείρονται από τη συνεχή υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Είναι αναγκαία όσο ποτέ η δημιουργία κοινωνικής ευθύνης των πολιτών και η καλλιέργεια κοινωνικής ευαισθησίας στα θέματα του περιβάλλοντος.

Το πρόγραμμα LIFE έρχεται να συμπληρώσει το παραπάνω κοινοτικό πρόγραμμα, σαν μέσο στήριξης της ανάπτυξης και εφαρμογής της κοινοτικής νομοθεσίας για το περιβάλλον. Η τεράστια σημασία που έχει το πρόγραμμα για την Ευρωπαϊκή Ένωση διαφαίνεται και από το γεγονός ότι για την υλοποίηση σχεδίων δράσης και προστασίας του περιβάλλοντος σε τοπικό επίπεδο διατίθενται κάθε χρόνο ποσά μεγαλύτερα των 130 εκατομμυρίων ECU. Το LIFE είναι η συνέχεια άλλων χρηματοδοτικών μέσων που προηγήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως το MEDSPA, ACE, NORSPA και άλλα.

Το παρών πρόγραμμα είναι το χρηματοδοτικό μέσο που υποστηρίζει την περιβαλλοντική πολιτική της Κοινότητας. Εκδόθηκε το 1992 και κάλυψε, στη συνέχεια, την περίοδο 1992-1995. Το 1996 εκδόθηκε ένας αναθεωρημένος κανονισμός για την περίοδο 1996-1999. Ένας νέος προτεινόμενος Κανονισμός που καλύπτει την περίοδο 2000-2004 είναι προς το παρόν υπο συζήτηση και αναμένεται να εκδοθεί σύντομα

Το LIFE αποσκοπεί στη συγχρηματοδότηση δράσεων τόσο για τη διατήρηση της φύσης (LIFE-Φύση) όσο και άλλων τομέων που αφορούν στο περιβάλλον (LIFE-Περιβάλλον), καθώς και σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές δράσεις εκτός Ε.Κ. (LIFE Τρίτες Χώρες). Ο παρών φάκελος αναφέρεται μόνον στη διατήρηση της φύσης και την εφαρμογή της μέσα στην επικράτεια της Κοινότητας, καθώς και στις υποψήφιες χώρες που συνδέονται επίσημα με το LIFE.

Στο πλαίσιο του προγράμματος, οι δράσεις διατήρησης της φύσης είναι εκείνες που «απαιτούνται για να διατηρηθούν ή να αποκατασταθούν τα φυσικά ενδιαιτήματα (οικότοποι) και οι πληθυσμοί ειδών αγρίας πανίδας και χλωρίδας σε ικανοποιητική κατάσταση».

Ο γενικός στόχος που επιδιώκεται μέσα από τα προγράμματα LIFE είναι η ριζική καταπολέμηση της ρύπανσης και η διαφύλαξη των φυσικών περιοχών, των οποίων η διατήρηση είναι κοινωνικής σημασίας. Από το συγκεκριμένο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα δύναται να χρηματοδοτηθούν προγράμματα που αναφέρονται σε μια από

τις παρακάτω τρεις κατηγορίες:

- ◆ προστασία του περιβάλλοντος
- ◆ περιβαλλοντικές δράσεις σε αναπτυσσόμενες χώρες εκτός συνόρων Ευρωπαϊκής Ένωσης
- ◆ διατήρηση και προστασία της φύσης.

Στην πράξη, το LIFE-Φύση πρέπει να συμβάλει στην εφαρμογή των Κοινοτικών οδηγιών για τα Πτηνά (79/409/EEC) και για τα Ενδιαιτήματα (Οικοτόπους) (92/43/EEC) και, συγκεκριμένα, στη δημιουργία του Ευρωπαϊκού δικτύου προστατευόμενων περιοχών - NATURA 2000 - με στόχο την επί τόπου διαχείριση και διατήρηση των πολυτιμότερων ειδών πανίδας και χλωρίδας και των φυσικών ενδιαιτημάτων και της χλωρίδας στην Ένωση.

Στις υποψήφιες χώρες που συνεργάζονται με το LIFE, το LIFE-Φύση θα έχει παρόμοιους στόχους, που απευθύνονται σε περιοχές διεθνούς ενδιαφέροντος. Επιπλέον θα ανοίξει το δρόμο για την εφαρμογή του προγράμματος NATURA-2000 σε αυτές τις χώρες.

Τα αποτελέσματα του προγράμματος αναμένονται από την επιτροπή μέσα σε 2 έως 5 χρόνια.

1.4.1 Το πρόγραμμα LIFE στην Περιοχή μελέτης

Το πρόγραμμα LIFENAT/GR/006480, με τίτλο: «**Εφαρμογή σχεδίων δράσης για την περιοχή Λίμνης Ταυρωπού, στην Ελλάδα**» είναι ένα κοινοτικό πρόγραμμα που εφαρμόζεται από τις **01/08/1999** στη συγκεκριμένη περιοχή του Νομού Καρδίτσας, σε συνεργασία με την τοπική αναπτυξιακή εταιρεία ANKA «ΑΝαπτυξιακή ΚΑρδίτσας».

Ο γενικός σκοπός του προγράμματος όπως αυτός εμφανίζεται μέσα από την εγκεκριμένη πρόταση της ANKA, είναι η **διατήρηση των ειδών χλωρίδας και πανίδας της περιοχής της Λίμνης Ταυρωπού, Καρδίτσας⁷, και συμπληρωματικά η διαχείριση των προβλημάτων που εγείρονται στην περιοχή εξαιτίας της συνεχώς αυξανόμενης τουριστικής ανάπτυξης.**

⁷ Η περιοχή είναι καταγεγραμμένη στον κατάλογο εθνικών περιοχών κοινωνικής σημασίας

Σε συνδυασμό με τα παραπάνω το πρόγραμμα **σκοπό έχει να:**

- ◆ μειώσει την διάβρωση του εδάφους και τη μεταφορά ιζημάτων,
- ◆ ελαχιστοποιήσει τη μόλυνση των υδάτων,
- ◆ να διαχειριστεί τη παρούσα φυτική δομή, να αυξήσει τη ποικιλία των φυτικών ειδών που απαντώνται στην περιοχή και να βελτιώσει τις συνθήκες για τα ζωικά είδη κοινωνικού ενδιαφέροντος, όπως οι αρκούδες, τα αρπακτικά πουλιά και άλλα.

Το πρόγραμμα περιλαμβάνει την ανάπτυξη συγκεκριμένων **σχεδίων διαχείρισης, την εφαρμογή διαχειριστικών μέτρων για τη διατήρηση των ειδών, την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών και την επιχειρησιακή διαχείριση μέτρων κοινωνικής αντίληψης** μέσα από μια σειρά δραστηριότητες.

Κατά την εφαρμογή των συγκεκριμένων σχεδίων δράσης, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση **Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών⁸**, που σκοπό έχουν τη δημιουργία μιας αξιόπιστης και ενημερώσιμης **βάσης δεδομένων**. Παράλληλα η επίβλεψη και παρακολούθηση της περιοχής θα πραγματοποιείται με τη χρήση, αεροφωτογραφιών, δορυφορικών εικόνων και μετρήσεων GPS⁹.

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα του σχεδίου είναι:

- ◆ η μείωση των ρυθμών προσχώσεως της Λίμνης Ταυρωπού
- ◆ η βελτίωση της ποιότητας των υδάτων
- ◆ η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των ειδών της περιοχής
- ◆ η διατήρηση και η βελτιστοποίηση της βιοποικιλότητας
- ◆ ενίσχυση της κοινωνικής συνείδησης-αντίληψης στην προστασία του περιβάλλοντος και την αειφορική χρήση των πόρων.

1.5 Το πρόγραμμα Corine Land Cover

Το πρόγραμμα Corine Land Cover εγκρίθηκε στις 27 Ιουνίου του 1985 από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, μετά από πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η αρμόδια επιτροπή που ασχολήθηκε με το πρόγραμμα αυτό το όρισε ως “ένα πιλοτικό πρόγραμμα με σκοπό τη συλλογή, το συντονισμό και την εξασφάλιση της ακριβούς

⁸ GIS, Geographic Information Systems

⁹ GPS, Global Positioning System, παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού (θέσης)

πληροφορίας που αφορά το πεδίο του περιβάλλοντος και των πηγών ενέργειας¹⁰. Οι τρεις βασικοί του στόχοι¹¹ είναι:

- Η συλλογή πληροφορίας για το περιβάλλον και συγκεκριμένα θέματα που έχουν προτεραιότητα για τα κράτη-μέλη
- Ο συντονισμός της συλλογής της πληροφορίας και η οργάνωση της
- Η εξασφάλιση της ακρίβειας των πληροφοριών

Ένας έμμεσος στόχος του προγράμματος είναι να συγκεντρώσει και να ενώσει όλα τα έργα που έλαβαν χώρα μέχρι τότε σε όλα τα επίπεδα για άντληση περισσότερης πληροφορίας πάνω στο περιβάλλον και τον τρόπο με τον οποίο αυτό αλλάζει.

Οι μέθοδοι δράσης που εφαρμόστηκαν για την προσέγγιση των στόχων είναι:

- Η δημιουργία ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών για την παροχή της πληροφορίας για το περιβάλλον, κάτι που είναι χρήσιμο κατά το σχεδιασμό και την εφαρμογή των Ευρωπαϊκών πολιτικών.
- Ο καταμερισμός των εργασιών με σκοπό την παραβολή και ανταλλαγή των πληροφοριών που αφορούν το περιβάλλον ανάμεσα στα κράτη μέλη της Ένωσης.

Για τη δημιουργία του προγράμματος χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες του δορυφόρου Landsat 5. Η χρήση τους επέτρεψε τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων χρήσεων γης και των μεταβολών τους σε όλο την έκταση της Ένωσης. Έτσι επετεύχθη καλύτερη εποπτεία της κατάστασης και πλέον οι συγκρίσεις που ξεπερνούν τα διοικητικά όρια ήταν εφικτές. Στο στόχαστρο του Corine είναι η παρακολούθηση των οικοσυστημάτων και των βιοτόπων, καθώς και των αποτελεσμάτων της αστικοποίησης. Παράλληλα οι αξιολόγηση των εφαρμοζόμενων πολιτικών πάνω στις χρήσεις γης καθίσταται ευκολότερη μέσω μιας σειράς πολυετούς παρακολούθησης. Τέλος συνδυάζοντας τα προγράμματα Land Cover με άλλες διαθέσιμες γεωγραφικές πληροφορίες είναι πλέον εφικτή μια συνθετική αντίληψη των συνεπειών ορισμένων σχεδίων σε συγκεκριμένο έδαφος.

Μετά από χρόνια φάνηκε ότι ουσιαστικά το πρόγραμμα δεν προσφέρει μεγάλη βοήθεια όσον αφορά στην επίβλεψη περιοχών μικρής κλίμακας, αφού τεχνικά κάτι

¹⁰ Official Journal, L 176,6.7.1985

¹¹ Βλ. Κυρίμης και Μπέτσης 1998

τέτοιο δεν είναι δυνατό. Η διακριτική ικανότητα του δορυφόρου Landsat, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των δεδομένων είναι ανεπαρκής για τέτοιες περιοχές αφού το εικονοστοιχείο του (pixel) έχει διαστάσεις 30x30 μέτρα (120x120 μέτρα για το θερμικό κανάλι). Στην προσπάθεια ταξινόμησης των κατηγοριών κάλυψης γης για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας η διαδικασία να στηριχθούμε στα δεδομένα του προγράμματος για τον προσδιορισμό των καλύψεων γης της συγκεκριμένη περιοχής είναι μάλλον αμφιβόλου αποτελέσματος, παρ' όλα αυτά η παράθεση τους κρίνεται αναγκαία¹².

Συμπερασματικά λοιπόν αναφέρουμε ότι εκεί έγκειται και η αδυναμία του προγράμματος. Βέβαια με την εξέλιξη της τεχνολογίας είναι θέμα χρόνου το πρόβλημα να λυθεί, εφαρμόζοντας νέες τεχνολογίες που θα προσδίδουν μεγαλύτερη ακρίβεια και θα συνεπάγονται αποτελεσματικότερες μεθόδους παρατήρησης.

¹² Βλ. Επόμενα κεφάλαια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 20

2.1 Εισαγωγικά

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης που ουσιαστικά είναι οι παραλίμνιοι της Λίμνης Πλαστήρα Δήμοι Νεβρόπολης, Πλαστήρα και Ιτάμου του νομού Καρδίτσας. Τα στοιχεία που παρατίθενται έχουν κυρίως ληφθεί από μελέτες και διάφορα ερευνητικά προγράμματα που έχουν εκπονηθεί στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, καθώς και από το πρόσφατο Χωροταξικό Σχέδιο της Περιφέρειας Θεσσαλίας. Επίσης τμήμα των στοιχείων αποκτήθηκε από διάφορες ηλεκτρονικές σελίδες υπουργείων και τοπικών φορέων της Καρδίτσας στο δίκτυο Internet.

2.2 Γενικά ιστορικά στοιχεία για τη Λίμνη Πλαστήρα

Η λίμνη Πλαστήρα είναι τεχνητή και δημιουργήθηκε στο οροπέδιο της Νεβρόπολης, με το κλείσιμο της κοίτης του Μέγδοβα, ενός παραπόταμου του Αχελώου. Παλιά στην περιοχή που σήμερα βρίσκεται η νησίδα Μορφοβουνίου, υπήρχε μικρή φυσική λιμνούλα που οι ντόπιοι ονόμαζαν «γούρνα Βαβά».

Ουσιαστικά η κατασκευή της λίμνης αποτελεί σύλληψη του Νικολάου Πλαστήρα, ο οποίος το καλοκαίρι του 1925 παραθέριζε στο μοναστήρι της Κορώνας και καθημερινά έκανε διάφορες εκδρομές στην ευρύτερη περιοχή της Νεβρόπολης. Παρατηρώντας την περιοχή συνέλαβε την ιδέα εγκαθίδρυσης ενός παραθεριστικού κέντρου στη θέση «αλώνια» Μπεζούλας, και στη θέση «Κακαβάκια» τη δημιουργία ενός φράγματος, με σκοπό τη δημιουργία τεχνητής λίμνης. Το κλείσιμο του Μέγδοβα, παραπόταμου του Αχελώου, και στη συνέχεια η εκτροπή του νερού στο θεσσαλικό κάμπο, θα εξασφάλιζε παραγωγή ενέργειας αλλά θα έδινε και ζωή στο Θεσσαλικό κάμπο, ο οποίος το καλοκαίρι υπέφερε από λειψυδρία.

Η ιδέα άρχισε να καλλιεργείται, και το 1927 οργανώθηκαν δύο επισκέψεις στην περιοχή στις οποίες μετείχαν φίλοι επιστήμονες του Νικολάου Πλαστήρα, και ειδικοί στις κατασκευές. Οι εκτιμήσεις όλων ήταν θετικές και με πρωτοβουλία πάντα του Πλαστήρα συντάσσονται από υπηρεσίες του υπουργείου Γεωργίας οι

πρώτες μελέτες. Πρώτος που ασχολήθηκε με το θέμα ήταν ο Ελβετός Louis Senn, με ειδικότητα στα υδραυλικά έργα τον οποίο έφερε η κυβέρνηση του Ε. Βενιζέλου και έμεινε στην Ελλάδα για μια δεκαετία κάνοντας ανάλογες μελέτες. Το 1932 ακολούθησε άλλη συμπληρωματική μελέτη του μηχανικού Συράκου, με εντολή του υπουργείου Γεωργίας και η οποία αφορούσε κυρίως τα αρδευτικά έργα.

Ο πόλεμος διακόπτει τη ροή των εργασιών και η περιοχή ταυτίζεται με την αντιστασιακή δράση. Στη Νεβρόπολη το 1943-44, λειτούργησε αντάρτικο αεροδρόμιο, το οποίο εξυπηρέτησε την επικοινωνία της κυβέρνησης του βουνού με τους συμμάχους.

Με τη λήξη γερμανικής κατοχής και στα πλαίσια των σχεδίων ανασυγκρότησης της χώρας, ειπώθηκε ότι θα κατασκευάζονταν και το έργο του Μέγδοβα. Τελικά επί κυβερνήσεων Πλαστήρα,



Εικόνα 2.2.1: Η Λίμνη Πλαστήρα,
Πηγή: www.karditsa-city.gr

συμπεριλήφθηκε στο τεχνικό πρόγραμμα του 1951 και ανατέθηκε η μελέτη στην εταιρεία KNAPPEN TIPPETTS ABBETT ENGINEERING co. Τον Οκτώβριο του 1952 δημοσιεύεται η μελέτη του έργου του Ποταμού Μέγδοβα, ύψους 11,4 εκατ.\$ παρουσιάζοντας κάποιες διαφορές σε σχέση με την μελέτη Senn. Η κυριότερη εξ'



Εικόνα 2.2.2: Η Λίμνη Πλαστήρα,
Πηγή: www.karditsa-city.gr

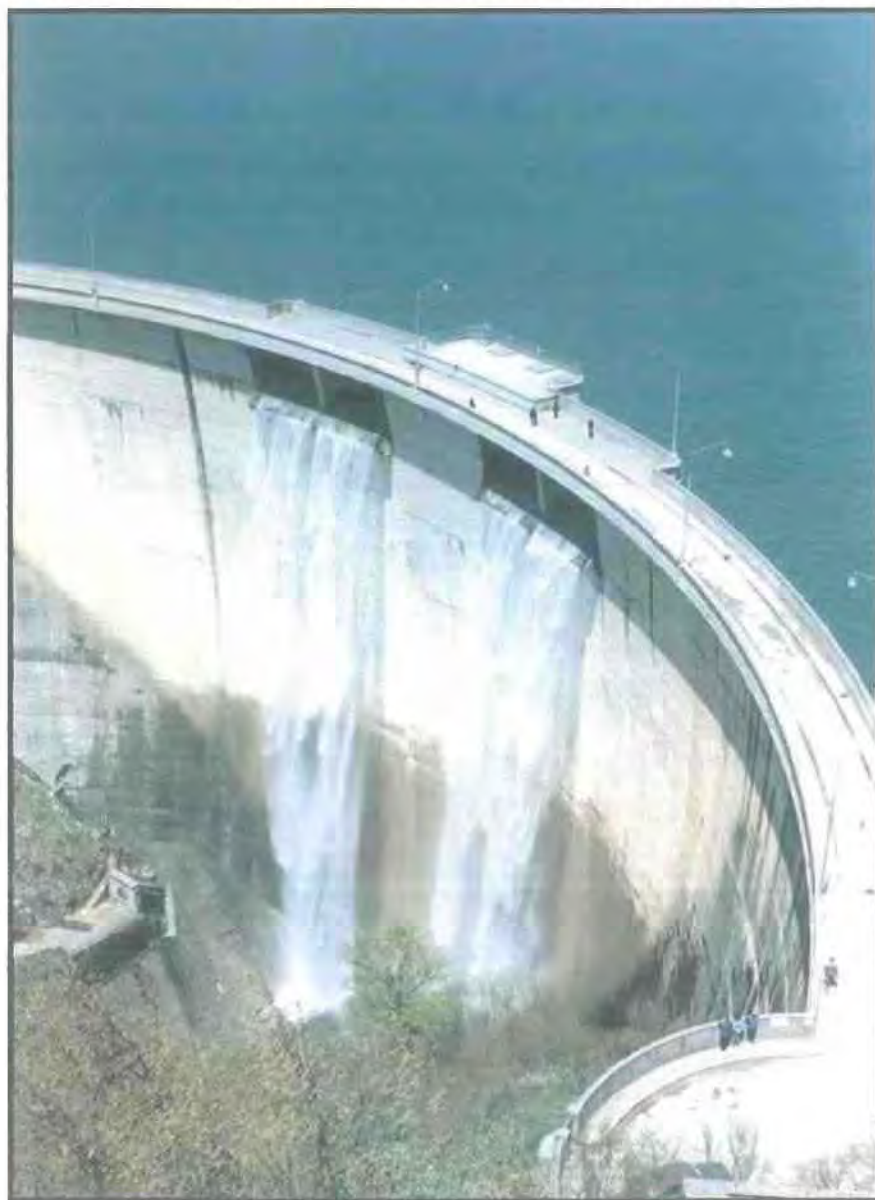
αυτών ήταν η πρόταση για δημιουργία χωμάτινου φράγματος κάτω από το Νεοχώρι και όχι τσιμεντένιου στην περιοχή Κακαβάκια.

Το Νοέμβριο του 1953 το Υπουργείο Συντονισμού προκήρυξε διεθνή διαγωνισμό για την ανάδειξη της κατασκευάστριας εταιρίας. Τελικά υπογράφηκε σύμβαση με την Εταιρία OMNIUM LYONNAIS -

COTECI co στις 5/5/1955, η οποία άλλαξε τη μελέτη και υιοθέτησε την αρχική πρόταση.

Το Δεκέμβριο του 1955 ο τότε νεοορκισθείς πρωθυπουργός Κ. Καραμανλής

εγκαινιάσε το έργο του Μέγδοβα στο Βλάσδο (Μοσχάτο), για να ολοκληρωθεί το 1959, χρονιά κατά την οποία κατακλύσθηκε η Νεβρόπολη με τα νερά που είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία της λίμνης, αλλάζοντας όχι μόνο την φυσιογνωμία της περιοχής, αλλά και την ίδια τη ζωή των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής.



Εικόνα 2.2.3: Το φράγμα της Λίμνης Πλαστήρα **Πηγή:** www.karditsa-city.gr

Αν και με σχετικό νόμο προβλέφθηκαν ικανοποιητικές αποζημιώσεις για τους θιγόμενους η δημιουργία της λίμνης είχε αρχικά αρνητικά αποτελέσματα, αφού οι κάτοικοι έχασαν τα ευφορότερα χωράφια και είδαν το εισόδημά τους να συρρικνώνεται. Η επικοινωνία έγινε δυσκολότερη και για τη διευκόλυνσή των κατοίκων της ανατολικής και της δυτικής πλευράς της λίμνης δρομολογήθηκε μια

βάρκα.

Σήμερα η λίμνη Πλαστήρα αποτελεί πηγή ζωής για ολόκληρη την Καρδίτσα και όχι μόνο. Από την λίμνη υδρεύεται η πόλη της Καρδίτσας και δεκάδες κοινότητες, ενώ το καλοκαίρι τα νερά της φθάνουν μέχρι τα χωράφια της Λάρισας. Όσον αφορά στην παραγωγή ενέργειας περιορίστηκε κάπως η σημασία της, ενώ μία άλλη διάσταση άρχισε να αναδεικνύεται από τα μέσα της δεκαετίας του 80, αυτή του τουρισμού. Η λίμνη αποτελεί την αιχμή του δόρατος της τουριστικής ανάπτυξης του Νομού Καρδίτσας, αφού δέχεται περισσότερους από 120.000 επισκέπτες ετησίως.

Για να τιμηθεί η μνήμη του μεγάλου οραματιστή Ν. Πλαστήρα, το 1984 με απόφαση της ΔΕΗ, η οποία διαχειρίζεται τη λίμνη, αυτή μετονομάστηκε σε λίμνη Νικολάου Πλαστήρα.

2.3 Ειδικά στοιχεία για τη Λίμνη Ταυρωπού

Η λίμνη Ταυρωπού βρίσκεται στο νομό Καρδίτσας (Θεσσαλία), 25 km δυτικά της πόλης της Καρδίτσας. Είναι μια τεχνητή, μικρή σε ηλικία λίμνη που σχηματίστηκε από τα νερά του ποταμού Μέγδοβα¹³ στο οροπέδιο της Νεβρόπολης, μετά την κατασκευή φράγματος στην περίοδο 1956-1962¹⁴ (ΕΠΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998). Το φράγμα αυτό βρίσκεται στο νότιο τμήμα της λίμνης, κοντά στον οικισμό Μούχα της κοινότητας Καστανιάς. Είναι κατασκευασμένο από οπλισμένο σκυρόδεμα και έχει μήκος 200 m και ύψος 83 m. Εξυπηρετεί στη χρησιμοποίηση των νερών της λίμνης για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, τμήμα των νερών της λίμνης μεταφέρεται με αγωγό από υψόμετρο 700 m στον κάμπο (ανατολικά της λίμνης) όπου χρησιμεύει για την κίνηση του υδροηλεκτρικού εργοστασίου της Δ.Ε.Η., το οποίο παράγει περίπου 40MWH/εβδομάδα. Επιπροσθέτως τα νερά χρησιμεύουν για την άρδευση του θεσσαλικού κάμπου και την ύδρευση της πόλης της Καρδίτσας, καθώς και 38 άλλων κωμοπόλεων και χωριών της περιοχής.

Η λίμνη περικλείεται από τους ορεινούς όγκους της Νότιας Πίνδου, τα όρη των Αγράφων, οι οποίοι αναπτύσσονται με κατεύθυνση βόρειο βορειοδυτική προς νότιο νοτιοανατολική. Οι κορυφές που υψώνονται στα δυτικά της λίμνης (από Βορρά προς Νότο) είναι το Ζυγαρολίβαδο, ο Κουφόλογγος, το Βουτσικάκι, η Κούλια, η Πετσαλούδα, ο Καραμανώλης, η Πεταλούδα, οι Πόρτες και το Μπορλέρο, ενώ στα

¹³ Αρχαίου Ταυρωπού, παραπόταμος του π. Αχελώου

¹⁴ Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως

ανατολικά της υπάρχει ένα σύνολο μικρών κορυφών που τη χωρίζουν από το θεσσαλικό κάμπο. Νότια της λίμνης υψώνεται ο Ίταμος και βόρεια μια σειρά από πολύ χαμηλές κορυφές.

Η λίμνη βρίσκεται σε υψόμετρο 794 m (υψόμετρο μέγιστης στάθμης). Το σχήμα της είναι επίμηκες με κατεύθυνση βορά-νότο και έχει δενδροειδή μορφή, με μέγιστο μήκος 14 km, μέγιστο δυνατό πλάτος περίπου 4 km και μέγιστο βάθος 60 m. Η χωρητικότητά της φτάνει τα 400.000.000 m³ (ΕΠΙΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998). Η επιφάνειά της (24,4 km²) θεωρείται πολύ μεγάλη σε σχέση με τη λεκάνη απορροής της (41,8 km²), γεγονός που δείχνει ότι οι κατακρημνίσεις κατά τη διάρκεια των βροχών είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες τροφοδοσίας της λίμνης (κ. Στεφανίδης, ενημέρωση). Από τροφική άποψη η λίμνη θεωρείται oligότροφη με τάση προς μεσοτροφισμό και είναι θερμή μονομικτική (Τσέκος και συν, 1992). Οι όχθες χαρακτηρίζονται από μεγάλη κλίση και είναι στην πλειονότητα τους δασωμένες (περίπου το 85%).

Στη λίμνη εκβάλλουν περίπου 15 χειμαρροπόταμοι, οι περισσότεροι από τους οποίους πηγάζουν από τα δυτικά και διασχίζουν δασωμένες απότομες πλαγιές. Ο μεγαλύτερος από αυτούς είναι ο Καριτσιώτης που παρουσιάζει μόνιμη ροή καθ'όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ αρκετοί άλλοι μικρότεροι ξεραίνονται κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου.

Σύμφωνα με την Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη (Τεύχος Α, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998), το κύριο πρόβλημα της λίμνης είναι η συσσώρευση στην κοίτη της των φερτών υλών που παρασύρονται από τα νερά των χειμάρρων που εκβάλλουν σ' αυτήν, με αποτέλεσμα, ο πυθμένας της λίμνης συνεχώς να ανεβαίνει και να δυσχεραίνει χρόνο με το χρόνο τη λειτουργία του υδροηλεκτρικού εργοστασίου. Με βάση τις εκτιμήσεις της ΔΕΗ, αν οι συνθήκες παραμείνουν όπως έχουν, η λειτουργία του εργοστασίου δε θα υπερβεί τα 30 χρόνια (ΕΠΙΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998). Ένα άλλο χαρακτηριστικό πρόβλημα της λίμνης είναι το ότι δεν έγινε αποψίλωση της περιοχής πριν αυτή κατακλυσθεί από νερά, με αποτέλεσμα οι κορμοί των δέντρων που έχουν παραμείνει να δημιουργούν προβλήματα σε δραστηριότητες όπως η αλιεία, η ναυσιπλοΐα και η κολύμβηση.

2.4 Γεωλογικά χαρακτηριστικά λεκάνης απορροής

Σχεδόν ολόκληρη η περιοχή αποτελείται από φλύσχη, της γεωτεκτονικής ζώνης της Πίνδου. Ο φλύσχος παρουσιάζεται σε δύο κυρίως τύπους τον πηλιτικό και τον ψαμμιτικό. Σε μικρότερο βαθμό συναντάμε ασβεστόλιθους λεπτοπλακώδεις που ανήκουν και αυτοί στην ίδια γεωτεκτονική ενότητα. Παρουσιάζονται έντονα προβλήματα κινητικότητας και διάβρωσης των εδαφών, εξαιτίας κυρίως της αποσάθρωσης του φλύσχη και των μεγάλων κλίσεων του εδάφους (ΕΠΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998).

2.5 Μικροκλίμα λίμνης

Το κλίμα της περιοχής Ταυρωπού χαρακτηρίζεται ηπειρωτικό με χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλές βροχοπτώσεις κατά τη χειμερινή περίοδο και με ελάχιστες βροχοπτώσεις και υψηλή θερμοκρασία κατά τη θερινή περίοδο (ΕΠΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998). Οι θερμοκρασίες είναι αρκετά υψηλές το καλοκαίρι και δημιουργούν προβλήματα παγετού το χειμώνα και νωρίς την άνοιξη. Η μέση ετήσια θερμοκρασία από μετρήσεις της Δ.Ε.Η. στο Υ.Η.Σ. Πλαστήρα κατά τα έτη 1973-1985 κυμαίνεται μεταξύ 10,9 και 12,2 °C (ΕΠΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998). Ο ψυχρότερος μήνας του χρόνου είναι ο Ιανουάριος και ο θερμότερος ο Ιούλιος.

Οι βροχοπτώσεις στην περιοχή διαρκούν όλο το χρόνο με αιχμές τον Οκτώβριο - Νοέμβριο για το φθινόπωρο και το Δεκέμβριο - Φεβρουάριο για το χειμώνα, ενώ το ελάχιστο των βροχοπτώσεων σημειώνεται στο διάστημα Ιουλίου-Αυγούστου (ΕΠΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998). Σύμφωνα με τις μετρήσεις της Δ.Ε.Η. στο Υ.Η.Σ. Πλαστήρα το έτος 1995, το ύψος της βροχής ήταν 897,2 mm (ΕΠΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998).

2.6 Βλάστηση

Σύμφωνα με την Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη (1996) της λίμνης Ν. Πλαστήρα, στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής εμφανίζονται όλα εκείνα τα οικοσυστήματα, που συνθέτουν και χαρακτηρίζουν τις κύριες ζώνες δασικής βλάστησης του ηπειρωτικού μέρους της χώρας μας. Τα πλέον χαρακτηριστικά οικοσυστήματα αυτών των ζωνών δασικής βλάστησης είναι: **α)** τα

υπομεσογειακά οικοσυστήματα του πρίνου (*Quercetum cocciferae* ή *Cocciferetum*), του πρίνου και του γαύρου (*Coccifero carpānetum*), β) τα παραμεσογειακά οικοσυστήματα των θερμόβιων φυλλοβόλων πλατυφύλλων της υποζώνης της πλατυφύλλου δρυός (*Quercion confertae, frainetto*) και του αυξητικού χώρου επίσης της πλατυφύλλου δρυός (*Quercetum confertae, frainetto, γ*) τα οικοσυστήματα των ορεινών μεσογειακών κωνοφόρων και ειδικότερα τα οικοσυστήματα της υβριδογενούς ελάτης (*Abietum borisii regis* ή *Abietum hybridogenus*), δ) τα οικοσυστήματα της οξιάς και ειδικότερα της μοισιακής οξιάς (*Fagion moesiaca*), τα οποία περιορίζονται στα ψηλότερα σημεία της περιοχής μελέτης, σε μικροσυστάδες, μικρονησίδες και πλήρη αποδιοργάνωση, ε) τα μεικτά οικοσυστήματα - ελάτης/δρυός και δρυός/ελάτης - στα όρια επαφής, μετάβασης από τον ένα τύπο οικοσυστήματος στον άλλο και από τη μια ζώνη βλάστησης στην άλλη, στ) τα μεικτά οικοσυστήματα - δρυός/καστανιάς, καστανιάς/δρυός και κατά θέσεις καστανιάς/ελάτης/δρυός ή και αντίστροφα - στις περιοχές Νεοχωρίου, Μορφοβουνίου, Μοσχάτου, Καστανιάς κ.ά. και μάλιστα στα ψηλότερα σημεία εξάπλωσης της ζώνης της δρυός, ζ) τα υποαλπικά (ψευδαλπικά) οικοσυστήματα του *Junipero Daphnion*, και τέλος η) στις κοίτες των μεγαλύτερων ποταμών, συλλεκτήρων και ρευμάτων, στις χαμηλότερες προς τη λίμνη θέσεις, καθώς και σε υγρές ελώδεις εκτάσεις, εμφανίζονται στοιχεία παρόχθιας βλάστησης, τα οποία δημιουργούν κατά θέσεις καλά συγκροτημένα ή συχνά διακοπτόμενα παρόχθια οικοσυστήματα, με κύρια είδη τον πλάτανο (*Platanus orientalis*), διάφορες ιτιές (*Salix alba, Salix incana*), το σκλήθρο (*Alnus glutinosa*), την ασπρόλευκα (*Populus alba*), τη φτελιά (*Ulmus campestris*) κ.ά (Δημητριάδου-Λαζαρίδου Μαρία, 2000).

Τα δασικά οικοσυστήματα της περιοχής μελέτης διακόπτονται συχνά από γεωργικές καλλιέργειες, καθώς και από διάκενα-ξέφωτα, στα οποία κυριαρχεί η φτέρη (*Pteridium aquilinum*) και δημιουργεί ξεχωριστούς οικοτόπους. Αυτό συμβαίνει κυρίως στην παραλίμνια ζώνη, όπου οι πιέσεις είναι εντονότερες και αναπτύσσονται οι περισσότεροι οικισμοί (ΕΠΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998).

Από τα φυτά που απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης αξίζει να σημειωθεί ότι τα 18 είναι ενδημικά της Ελλάδας και τα 62 της Βαλκανικής Χερσονήσου, 29 περιλαμβάνονται στον κατάλογο για τη διατήρηση και προστασία

των ενδημικών, σπάνιων και απειλούμενων φυτών της Ελληνικής χλωρίδας (Γεωργίου, 1996), 16 περιλαμβάνονται στο Π.Δ. 67/81 και 11 φυτά περιλαμβάνονται στη Σύμβαση για το Διεθνές Εμπόριο των Κινδυνευόντων Ειδών (CITES) (ΕΠΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998).

2.7 Πανίδα

Η πανίδα της ευρύτερης περιοχής μελέτης είναι εξαιρετικά πλούσια και ενδιαφέρουσα, διότι αφενός περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό ειδών ασπόνδυλων και σπονδυλωτών και αφετέρου οι πληθυσμοί αυτών των ειδών βρίσκονται σε ικανοποιητική κατάσταση. Επίσης η κατάσταση των ενδιαιτημάτων όπου φιλοξενούνται οι ζωικές ομάδες κρίνεται καλή. Πολλά από τα είδη που καταγράφηκαν προστατεύονται από διεθνείς Συμβάσεις και από Οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και από την ελληνική νομοθεσία.

2.8 Σημαντικές προστατευόμενες περιοχές στην ευρύτερη περιοχή μελέτης

Επιμέρους σημαντικές περιοχές φύσης (τόποι) στην περιοχή μελέτης αποτελούν οι δύο περιοχές που προτείνονται για ένταξη στο δίκτυο «Φύση 2000». Οι τόποι αυτοί είναι τα 'Άγραφα' (GR1410002)¹⁵ και η 'Περιοχή λίμνης Ταυρωπού' (GR1410001). Και οι δύο αυτές περιοχές είναι τύπου Β, δηλαδή τόπος Κοινοτικού Ενδιαφέροντος που δεν σχετίζονται με άλλες περιοχές του δικτύου "Φύση 2000" (ΕΠΜ, ΕΠΕΜ Ε.Π.Ε. 1998).

2.9 Φυσικό-γεωγραφικά χαρακτηριστικά ευρύτερης περιοχής μελέτης

Οι παραλίμνιοι¹⁶ Δήμοι ανήκουν στο Νομό Καρδίτσας, ο οποίος βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα της Θεσσαλίας, νοτιώς του Ν. Τρικάλων, νοτιοδυτικά του Ν. Λαρίσης και βορείως του Ν. Φθιώτιδας, μεταξύ των παραλλήλων 39° 01' Β και των μεσημβρινών 21° 22' Α και 22° 18' Α. Ο Ν. Καρδίτσας έχει συνολική έκταση 2636 τετραγωνικά χιλιόμετρα¹⁷.

¹⁵ Κωδικός περιοχής στο δίκτυο «Φύση 2000»

¹⁶ Είναι οι Δήμοι Νεβρόπολης, Πλαστήρα και Ιτάμου.

¹⁷ Σύμφωνα με στοιχεία της απογραφής του 1991

Κατά την προσάρτηση του στην Ελλάδα το 1881 ο Νομός αποτελούσε επαρχία του Ν. Τρικάλων από τον οποίο αποσπάστηκε το 1899 και αποτέλεσε αυτόνομο Νομό. Το 1909 έγινε και πάλι επαρχία του Νομού Τρικάλων ενώ τα σημερινά του όρια παραμένουν αναλλοίωτα από το 1944 όταν κατά τη διάρκεια της Γερμανικής κατοχής έγινε και πάλι νομός. Το έδαφος του είναι ορεινό-ημιορεινό κατά 52,3% και κατά 47,8% πεδινό.

Πίνακας 2.9.1 Δημογραφικά στοιχεία Δήμου Πλαστήρα

Διαμερίσματα Δήμου Πλαστήρα	Πληθυσμός(1991)	Έκταση σε στρ.
Κερασέα	528	14.003
Λαμπερό	333	21.497
Μεσενικόλας	679	19.690
Μορφοβούνι	844	27.378
Μοσχάτο	333	10.598
Σύνολο Δήμου	2717	93.166

Πηγή: www.karditsa-city.gr

Ο Δ. Πλαστήρα¹⁸ βρίσκεται δυτικά του Δ. Καρδίτσας και η χιλιομετρική τους απόσταση είναι περίπου 25 χλμ, απόσταση που διανύεται σε σχετικά πεπαλαιωμένο οδικό άξονα. Η έκκεντρη θέση των δήμων αυτών σε σχέση με την πόλη της Καρδίτσας και συνεπώς σε σχέση με τους κύριους οδικούς άξονες που διαπερνούν το Νομό δυσχεραίνει την επικοινωνία με τον υπόλοιπο Νομό ενισχύοντας την κατάσταση απομόνωσης που χαρακτηρίζει την περιοχή.

Πίνακας 2.9.2 Δημογραφικά στοιχεία Δήμου Νεβρόπολης

Διαμερίσματα Δήμου Νεβρόπολης	Πληθυσμός(1991)	Έκταση σε στρ.
Καρβασαρά	57	10.827
Καρίτσα Δολοπων	221	21.273
Κρυονέρι	688	11.727
Μπελοκομύτης	202	12.414
Νεοχώρι	1108	19.188
Πεζούλα	547	12.202
Φυλακτή	464	17.553
Σύνολο Δήμου	3287	105.184

Πηγή: www.karditsa-city.gr

¹⁸ Ο Δ. πλαστήρα βρίσκεται στην ελάχιστη χρονοαπόσταση από την πόλη της Καρδίτσας

Η περιοχή χαρακτηρίζεται ημιορεινή με υψόμετρα που ποικίλουν από 300μ. έως 1000μ. όσον αφορά τα γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής αυτή ανήκει, όπως και σχεδόν όλες οι περιοχές του Νομού, στην Υποπελαγονική Ζώνη.

Οι τρεις Δήμοι που περιλαμβάνονται στην περιοχή μελέτης, έχουν συνολική έκταση 423.734 στρέμματα και οι εκτάσεις των διαμερισμάτων τους φαίνονται αναλυτικά στους πίνακες Π.2.9.1 Π.2.9.2 Π.2.9.3.

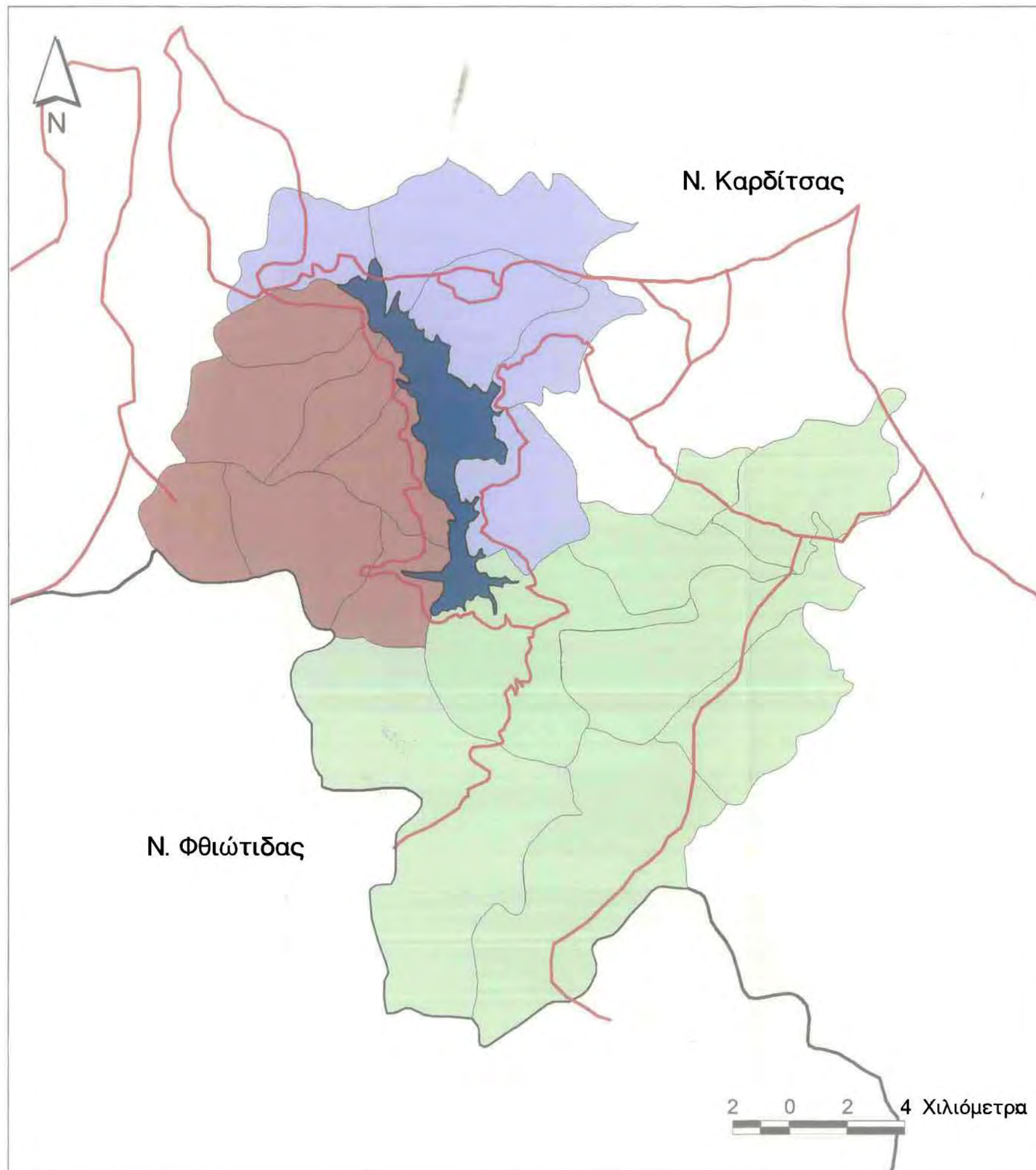
Η περιοχή μελέτης διακρίνεται από φυσική και γεωγραφική συνοχή με κάποια σχετική οικονομική ομοιογένεια. Το γεωλογικό της υπόβαθρο αποτελεί ο φλύσχος της Πίνδου και για το λόγο αυτό παρατηρούνται έντονες κλίσεις. Το υδρογραφικό δίκτυο χαρακτηρίζεται πλούσιο αφού η περιοχή πέραν της λίμνης, διασχίζεται από πολλούς χείμαρρους που πηγάζουν από τους ορεινούς όγκους. Με το Ν. 1739/87, για λόγους μεθοδολογίας, οργανωτικούς και διοικητικούς, έχει θεσμοθετηθεί η διαίρεση της χώρας σε 14 μονάδες (σύνολα λεκανών απορροής¹⁹) με κατά το δυνατόν όμοιες υδρολογικές - υδρογεωλογικές συνθήκες, οι οποίες αποτελούν το περιφερειακό επίπεδο στον τομέα της διαχείρισης του νερού. Σύμφωνα με το νόμο αυτό, το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας έχει αριθμό 08 και δεν ταυτίζεται ακριβώς με τη διοικητική Περιφέρεια Θεσσαλίας. Η μισή περίπου έκταση της λεκάνης απορροής η οποία ανήκει διοικητικά στην Θεσσαλία, έχει δεσμευτεί υδρολογικά από το φράγμα Ν. Πλαστήρα. Αυτό σχηματίζει τον ομώνυμο ταμιευτήρα (τεχνητή λίμνη Πλαστήρα, Ταυρωπού ή Μέγδοβα). Τα νερά του ταμιευτήρα αυτού, μεταφέρονται κυρίως στην πεδινή περιοχή της Καρδίτσας, δηλαδή στην υπολεκάνη απορροής του Πηνειού

Πίνακας 2.9.3 Δημογραφικά στοιχεία Δήμου Ιτάμου

Διαμερίσματα Δήμου Ιτάμου	Πληθυσμός(1991)	Έκταση σε στρ.
Αμάραντος	405	23.026
Αμπελικό	388	5.849
Καλλίθηρο	1152	21.547
Καροπλέσι	476	60.734
Καστανιά	419	34.130
Καταφύγι	311	15.098
Νεράιδα	540	44.028
Ραχούλα	507	29.972
Σύνολο Δήμου	4198	234.384

Πηγή: www.karditsa-city.gr

¹⁹ Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής της λίμνης αναφέρθηκαν παραπάνω.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας
& Περιφερειακής Ανάπτυξης

Επεξεργασία Χαρτών:
 Εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης
 και Θεματικής Χαρτογραφίας

Διπλωματική Εργασία :

Επεξεργασία Δορυφορικών Εικόνων
 IRS-1C LISS στην περιοχή
 της λίμνης Ταυρωπού του Ν. Καρδίτσας
 Σύνδεση με το Ερευνητικό Πρόγραμμα
 LIFENAT/GR/006480

Τσιότρας
 Βασίλης

Χάρτης 1

ΥΠΟΜΝΗΜΑ
Οι Δήμοι της
Ευρύτερης περιοχής
μελέτης

-  Οδικό Δίκτυο
-  Όρια Νομών
-  Δήμος πλαστήρα
-  Δήμος Ιτάμου
-  Δήμος Νεβρόπολης



Βόλος Σεπτέμβριος 2000

Όσον αφορά τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά, η περιοχή χαρακτηρίζεται ηπειρωτική και το κλίμα ημίξηρο μεσογειακό με εναλλαγές υγρής και ξηρής περιόδου. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση δύο ομάδων ανέμων που παρατηρούνται σε ολόκληρη τη Θεσσαλία:

α) Των "Ετησίων" ανέμων που οφείλονται στο συνδυασμό αφενός της επέκτασης του θερινού θερμικού χαμηλού από την περιοχή της Ασίας που μπορεί να ενισχυθεί και από τη μεταφορά ψυχρών αερίων μαζών καθ' ύψος από την Ανατολική Μεσόγειο, και αφ' ετέρου στον αντικυκλώνα του Ατλαντικού προς τη Ν.Α. Ευρώπη. Οι άνεμοι αυτοί αρχίζουν να πνέουν από τα μέσα Ιουλίου μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου όπου και σημειώνεται η μεγαλύτερη συχνότητα και ένταση τους. Στην ημερήσια πορεία τους το μέγιστο εμφανίζεται το απόγευμα ενώ το βράδυ η έντασή τους μηδενίζεται λόγω της αυξημένης ευστάθειας του επιφανειακού στρώματος.

β) Σε πεδιάδες που κλείνονται από οροσειρές όπως η Θεσσαλία δημιουργούνται αίτια που υποχρεώνουν τις αέριες μάζες να υποστούν στην αρχή μια ανοδική και στη συνέχεια μια καθοδική κίνηση. Οι ξηροί και θερμοί τοπικοί αυτοί άνεμοι είναι γνωστοί με το όνομα "Λίβας".

Στην πεδιάδα της Θεσσαλίας ο τοπικός Λίβας που πνέει το Μάιο και στις αρχές Ιουνίου είναι εξαιρετικά καταστρεπτικός για τα σιτηρά.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση με στοιχεία του 1980 ήταν 750,8mm, ενώ η μέση θερμοκρασία έτους για το ίδιο διάστημα ήταν 7,2°C με τους πιο θερμούς μήνες να είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, όπου η θερμοκρασία δύναται να φτάσει τους 43°C και ο πιο ψυχρός ο Φεβρουάριος. Στις ορεινές δέσμες της νότιας Πίνδου το βροχομετρικό ύψος φτάνει τα 1800mm. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία κυμαίνεται από 67% μέχρι 72%, αλλά κατά καιρούς έχει παρατηρηθεί και μέση σχετική υγρασία της τάξης του 100% κατά το μήνα Ιανουάριο. Οι χαλαζοπτώσεις είναι επίσης συχνές, κυρίως κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο.

Τέλος αναφερόμενοι στα εδαφολογικά χαρακτηριστικά η έκταση της γεωργικής γης στην περιοχή όπως και σε όλο το Ν. έχει σταθεροποιηθεί τα τελευταία χρόνια και δεν αναμένεται αύξησή της. Αντίθετα, η καλλιεργούμενη γη θα ακολουθήσει πτωτική πορεία, ως αποτέλεσμα των αγροαναπαύσεων, που αναμένεται να αυξηθούν στα πλαίσια μιας γεωργίας που θα στηρίζεται όλο και λιγότερο στη χημική τεχνολογία. Η λιγότερο εντατική εκμετάλλευση της γεωργικής γης και η εισαγωγή προϊόντων βιοτεχνολογίας, αναμένεται ότι θα συμβάλλουν και στη

βελτίωση της ποιότητας της γεωργικής γης.

Τα εδάφη της Περιφέρειας Θεσσαλίας έχουν χαρτογραφηθεί κατά το μεγαλύτερο μέρος τους από το Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας (ΙΧΤΕΛ). Ο χαρτογραφήσεις αυτές για το νομό Καρδίτσας έχουν ολοκληρωθεί²⁰.

Από τα στοιχεία που προέκυψαν, τα εδάφη της περιοχής ανήκουν στις εξής τέσσερις μεγάλες κατηγορίες όσο αναφορά την παραγωγικότητα:

- Entisols: Τα εδάφη αυτά έχουν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για γεωργική ανάπτυξη.
- Inceptisols: Η γονιμότητά τους είναι λίγο καλύτερη από εκείνη των Entisols και χαρακτηρίζεται σαν ικανοποιητική.
- Alfisols: Θεωρούνται παραγωγικά εδάφη κάτω από ορισμένες συνθήκες.
- Vertisols: Είναι παραγωγικά εδάφη και παρουσιάζουν δυσκολίες στις καλλιεργητικές εργασίες.

2.10 Φυσικοί κίνδυνοι

Η περιοχή μελέτης ανήκει στις περιοχές της Ελλάδας με υψηλή σεισμικότητα. Κατατάσσεται στην κατηγορία ΙΙΙ των ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας, σύμφωνα με τον Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΝΕΑΚ, ΦΕΚ 613Β/12-10-92).

Παράλληλα οι πλημμύρες είναι ένας από τους κινδύνους που απειλούν την ευρύτερη περιοχή. Τα βασικά αντιπλημμυρικά έργα της πεδιάδας Καρδίτσας είναι κατασκευασμένα προ 60ετίας από την εταιρεία ΒΟΟΤ.

Από τότε έχουν γίνει συμπληρώσεις και βελτιώσεις των έργων αυτών με βάση μελέτες τοπικών έργων: Τη δεκαετία του 1960 πραγματοποιήθηκαν περιορισμένης έκτασης πρόσθετα αποχετευτικά - αντιπλημμυρικά έργα (όπως ανύψωση των αναχωμάτων του Πηνειού, αποχετευτικά έργα των χαμηλών περιοχών Δερμπινίων, Βορ. Παλαμά, Ερμιτσίου, Βλοχού, κλπ.) Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν και έργα αγροτικής αποχέτευσης και αποστράγγισης σε όλη σχεδόν την πεδιάδα Καρδίτσας. Οι μεταγενέστερες τοπικές βελτιώσεις και συμπληρώσεις που προέκυψαν λόγω κατασκευής του αποστραγγιστικού και αρδευτικού δικτύου δεν εντάχθηκαν σε

²⁰ Αναφορά από το Χωροταξικό Σχέδιο Περιφέρειας Θεσσαλίας

γενικότερο πλαίσιο για οριστική αντιμετώπιση του αντιπλημμυρικού προβλήματος της περιοχής (Πιστρίκας Κ., Γαλερίδης Αντ., 1995).

Σε περιπτώσεις εξαιρετικά μεγάλων βροχοπτώσεων οι πλημμυριζόμενες εκτάσεις είναι πολύ μεγάλες όπως κατά τις πλημμύρες του 1994 (που σύμφωνα με εκτιμήσεις προκλήθηκαν από βροχές με περίοδο επαναφοράς πάνω από 100 έτη) κάλυψαν συνολικά έκταση 170.000 στρεμμάτων στην πεδιάδα της Καρδίτσας.

Σε συνδυασμό με τους φυσικούς κινδύνους που αποτελούν απειλή για την περιοχή, κατά τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες ένα ακόμα γεγονός δημιουργεί σημαντικά προβλήματα στην περιοχή.

Οι γεωργικές καλλιέργειες της Θεσσαλίας αυξήθηκαν σε έκταση σε σχέση με τις εκτάσεις που αρχικά είχε προβλεφθεί να χρησιμοποιούν για αρδευτικούς σκοπούς το νερό της λίμνης Πλαστήρα²¹. Αποτέλεσμα είναι η ζήτηση να είναι σημαντικά αυξημένη και ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Πολλά είναι τα προβλήματα που δημιουργεί το γεγονός αυτό με κυριότερο τη παγίωση μιας κατάστασης αντιπαλότητας μεταξύ των αγροτών των διαφόρων Θεσσαλικών νομών (κυρίως μεταξύ των Ν. Καρδίτσας και Ν. Λάρισας), που βλέπουν ότι το νερό δεν επαρκεί για να εξασφαλίσει την κάλυψη όλων. Η επάρκεια του νερού είναι συγκεκριμένη και οριακά καλύπτει τις ανάγκες των αγροτών του Ν. Καρδίτσας. Στην προσπάθεια κάλυψης των αναγκών όλων των αγροτών το αποτέλεσμα είναι το υδάτινο μέτωπο της λίμνης να υποχωρεί το μήνα Αύγουστο κατά πολλά μέτρα, αλλοιώνοντας την αισθητική ομορφιά της περιοχής και επηρεάζοντας σημαντικά το οικοσύστημα. Κατά το έτος 2000 το πρόβλημα ξέφυγε από τις συνηθισμένες διαστάσεις του, εγείροντας περισσότερους κινδύνους για την περιοχή.

2.11 Ανθρώπινο δυναμικό

2.11.1 Εξέλιξη του πληθυσμού

Σύμφωνα με τα στοιχεία της απογραφής της ΕΣΥΕ του 1991 ο Ν. Καρδίτσας είχε 126.854 κατοίκους παρουσιάζοντας αύξηση σε σχέση με τα στοιχεία του 1981 κατά 1,54%. Όσον αφορά τους δήμους της περιοχής μελέτης αυτοί παρουσιάζουν με εξαίρεση το Δ. Πλαστήρα σημαντικές αυξήσεις. Τα στοιχεία φαίνονται αναλυτικά στον Πίνακα 2.11.1.1 που ακολουθεί. Παρατηρώντας τον πίνακα βλέπουμε ότι η

μείωση που παρουσιάστηκε στο Δήμο Πλαστήρα είναι αρκετά μεγάλη και αποτελεί την τρίτη²² σε μέγεθος μείωση σε όλη την περιφέρεια Θεσσαλίας.

Πίνακας 2.11.1.1 Πληθυσμός και μεταβολή πληθυσμού 1971-1991

Κωδ. Δήμου	Δήμος	Πληθυσμός			Μεταβολή	
		1971	1981	1991	1971-81	1981-91
41	Νομός Καρδίτσας	130.913	124.930	126.854	-4,57%	1,54%
4105	Δ. Ιτάμου	3.730	4.134	4.198	10,83%	1,55%
4112	Δ. Νεβρόπολης Αγράφων	2.341	2.724	3.287	16,36%	20,67%
4115	Δ. Πλαστήρα	3.375	3.354	2.717	-0,62%	-18,99%

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Οι ορεινές ζώνες του νομού Καρδίτσας παρουσιάζουν τη δυσμενέστερη πληθυσμιακή εξέλιξη στο εξεταζόμενο χρονικό διάστημα, σε σχέση με όλους τους υπόλοιπους Νομούς της Θεσσαλίας. Οι μεταβολές αυτές παριστάνονται στον Πίνακα 2.11.1.2

Πίνακας 2.11.1.2 πληθυσμιακές μεταβολές σε επίπεδο Νομού

	Πληθυσμοί			Μεταβολή	
	1971	1981	1991	1971-81	1981-91
Νομός Καρδίτσας	130.913	124.930	126.854	-4,57%	1,54%
Ορεινές Ζώνες Νομού	27.259	23.445	23.086	-13,99%	-1,53%
Ημιορεινές Ζώνες Νομού	6.957	6.676	6.419	-4,04%	-3,85%
Πεδινές Ζώνες Νομού	96.697	94.809	97.349	-1,95%	2,68%
Ορεινές Ζώνες Νομού/Νομό	20,82%	18,77%	18,20%	-9,87%	-3,02%
Ημιορεινές Ζώνες Νομού/Νομό	5,31%	5,34%	5,06%	0,56%	-5,31%
Πεδινές Ζώνες Νομού/Νομό	73,86%	75,89%	76,74%	2,74%	1,12%

Πηγή: Χωροταξικό Σχέδιο Περιφέρειας Θεσσαλίας

2.11.2 Απασχόληση

Η απασχόληση στο Νομό Καρδίτσας χωρίζεται στους τρεις τομείς πρωτογενή, δευτερογενή και τριτογενή. Όμως ο πρωτογενής τομέας αποτελεί το βασικό παραγωγικό τομέα. Η απασχόληση ανά τομέα για το 1991 παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.11.2.1

²¹ Λίμνη Ταυρωπού

²² Πηγή: Χωροταξικό Σχέδιο Περιφέρειας Θεσσαλίας

Πίνακας 2.11.2.1: Απασχόληση ανά τομέα για το έτος 1991.

Κωδ. Δήμου	Νέος Δήμος	Π		Δ		Τ	
		Αριθμ.	%	Αριθμ.	%	Αριθμ.	%
41	Νομός Καρδίτσας	19.721	47,13	6198	14,81	15.172	36,26
4105	Δ. Ιτάμου	839	54,62	292	19,01	380	24,74
4112	Δ. Νεβρόπολης Αγράφων	295	27,01	250	22,89	492	45,05
4115	Δ. Πλαστήρα	327	37,33	240	27,40	289	32,99

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα μπορούμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

- Στον πρωτογενή τομέα ουσιαστικά απασχολείται το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων των Δήμων, με το Δ. Ιτάμου να χαρακτηρίζεται καθαρά «αγροτικός». Ο πιο «αγροτικός» νομός της Περιφέρειας είναι ο Ν. Καρδίτσας, όπου ο πρωτογενής κυριαρχεί.
- Αντίθετα, η απασχόληση στο δευτερογενή και τριτογενή τομέα συγκεντρώνεται κυρίως στις πρωτεύουσες των νομών, αφού σε σχέση με τον υπόλοιπο Νομό τα ποσοστά που αντιπροσωπεύουν τους παραλίμνιους Δήμους είναι πολύ χαμηλά.

Πίνακας 2.11.2.2: Ανεργία ανά ΟΤΑ το 1991.

Κωδ. Δήμου	Νέος Δήμος	1991	
		Ανεργία	%
41	Νομός Καρδίτσας	3078	6,85
4105	Δ. Ιτάμου	108	6,57
4112	Δ. Νεβρόπολης Αγράφων	90	7,61
4115	Δ. Πλαστήρα	65	6,91

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Όσον αφορά στην ανεργία γενικά θα λέγαμε ότι Ν. Καρδίτσας παρουσιάζει τη δυσμενέστερη διαχρονική εξέλιξη²³, παρουσιάζοντας τριπλάσιο σχεδόν ποσοστό ανέργων το 1994 απ' ότι το 1981.

²³ Πηγή: Χωροταξικό Σχέδιο Περιφέρειας Θεσσαλίας



2.11.3 Οικονομική φυσιογνωμία

Η οικονομική φυσιογνωμία της περιοχής αποτυπώνεται κυρίως με την ανάλυση των τριών τομέων (πρωτογενής, δευτερογενής και τριτογενής) των τοπικών παραγωγικών δραστηριοτήτων

Ο **πρωτογενής τομέας** αποτελεί βασική παραγωγική δραστηριότητα και χαρακτηρίζεται από :

- Το χαμηλό ποσοστό αγρανάπαυσης
- Την κυριαρχία των αροτριάων καλλιεργειών,
- Την μικρής σημασίας συνεισφορά των δασικών και αλιευτικών προϊόντων

Τα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζει ο πρωτογενής τομέας της περιοχής σύμφωνα με τις υπάρχουσες μελέτες είναι :

- Το μικρό μέγεθος των γεωργικών εκμεταλλεύσεων
- Η έλλειψη συμπληρωματικότητας ζωικής και φυτικής παραγωγής
- Το χαμηλό εκπαιδευτικό επίπεδο των αγροτών
- Οι οργανωτικές ελλείψεις στο κύκλωμα παραγωγής, μεταποίησης και εμπορίας προϊόντων που συνδυάζονται με ελλείψεις στις υποδομές.

Στη σύνθεση του τριτογενούς τομέα της περιοχής επικρατούν κυρίως η εμπορική δραστηριότητα και ο κλάδος των διαφόρων υπηρεσιών, με κυριότερες απ' αυτές τις υπηρεσίες τουριστικής εξυπηρέτησης. Ο Ν. Καρδίτσας παρουσιάζει εξειδίκευση στον κλάδο του Ηλεκτρισμού, Φωταερίου και Ύδρευσης λόγω του υδροηλεκτρικού εργοστάσιου, στον κλάδο των Λοιπών Υπηρεσιών και οριακή εξειδίκευση στον κλάδο του Εμπορίου, Εστιατορίων και Ξενοδοχείων. Ο τουρισμός δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένος παρά το γεγονός ότι η περιοχή χρίζει ιδιαίτερης ομορφιάς και η δυναμική της είναι αξιόλογη.

Ο Ν. Καρδίτσας υπολείπεται σημαντικά τόσο σε συνολικό αριθμό κλινών, όσο και σε επίπεδο προσφερόμενων υπηρεσιών, δεδομένου ότι δεν διαθέτει ξενοδοχειακές μονάδες κατηγορίας Lux και A'.

Παρά τις προσπάθειες που έχουν γίνει για την αναβάθμιση της τουριστικής υποδομής, μέσω των εθνικών και ευρωπαϊκών χρηματοδοτικών προγραμμάτων, καθώς και της τουριστικής υποδομής, μέσω των επιδοτήσεων των

αναπτυξιακών νόμων, η ανάπτυξη του τουρισμού στην περιοχή παραμένει σχετικά περιορισμένη. Αυτό οφείλεται κυρίως στους εξής λόγους:

- Στο χαμηλό επίπεδο των προσφερομένων τουριστικών υπηρεσιών.
- Στην υπανάπτυξη των νέων μορφών τουρισμού, παρά την καταλληλότητα της Περιφέρειας για αυτούς (Οικοτουρισμός, Περιηγητικός Τουρισμός, Ορεινός Τουρισμός, Συνεδριακός Τουρισμός κ.λ.π.).
- Στις ανεπαρκείς οδικές συνδέσεις
- Στην έλλειψη έμπειρων στελεχών.

Σημαντικό πρόβλημα του τριτογενούς τομέα είναι η έλλειψη υποδομών (κυρίως οδικού δικτύου), καθώς και η απρογραμματίστη τουριστική ανάπτυξη.

Όσον αφορά στο ακαθάριστο περιφερειακό προϊόν στο Ν. Καρδίτσας παράγεται περίπου το 18% του συνολικού ακαθάριστου προϊόντος της Περιφέρειας. Ο έντονος αγροτικός χαρακτήρας του νομού αποδεικνύεται από το γεγονός ότι είναι ο δεύτερος σε συμμετοχή, με ποσοστό 28,2% περίπου, στο ακαθάριστο προϊόν του πρωτογενή τομέα της Περιφέρειας. Ταυτόχρονα παρουσιάζει και τη χαμηλότερη συμμετοχή του δευτερογενή και τριτογενή τομέα στο αντίστοιχο ακαθάριστο προϊόν της Περιφέρειας. Σε σταθερές τιμές όμως, το προϊόν του τριτογενή τομέα παρουσιάζει αύξηση την περίοδο 1981 - 1994, ενώ του δευτερογενούς, έπειτα από μία μικρή αύξηση τη δεκαετία 1981 - 1991, παρουσιάζει μείωση της τάξης το 10% στην πενταετία 1991 - 1994 (Χωροταξικό Σχέδιο περιφέρειας Θεσσαλίας, 1998).



2.12 Αγροτική Ανάπτυξη και ΚΑΠ, Εξελίξεις-Προοπτικές²⁴

Η Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) αποτέλεσε τον κυριότερο παράγοντα διαμόρφωσης της κλαδικής σύνθεσης της αγροτικής παραγωγής στην Περιφέρεια κατά τα τελευταία 15 έτη.

Μετά την ένταξη της Χώρας στην ΕΟΚ το 1981, η σταδιακή εφαρμογή της ΚΑΠ οδήγησε πάρα πολλές περιφέρειες σε μονομέρεια της αγροτικής παραγωγής λόγω των υψηλότερων ενισχύσεων στις τιμές προϊόντων τα οποία είχαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την Ευρωπαϊκή Κοινότητα. Ο βαθμός στήριξης των αγροτικών προϊόντων άλλαξε δραστικά, κυρίως στο βαμβάκι και τα σιτηρά, με αποτέλεσμα

έντονες αυξήσεις στις σχετικές τιμές. Άμεση συνέπεια αυτών των αλλαγών ήταν η χρησιμοποίηση του μεγαλύτερου μέρους του Θεσσαλικού κάμπο²⁴ για την εντατική παραγωγή προϊόντων κατά κύριο λόγο από αυτές τις καλλιέργειες. Επιπλέον, ένα εξαιρετικά μεγάλο ποσοστό του εργατικού δυναμικού της Περιφέρειας δεσμεύτηκε στον πρωτογενή τομέα, με όλες τις δυσμενείς επιπτώσεις που αυτό συνεπάγεται για την περιφερειακή οικονομία.

Για την Ελλάδα οι δαπάνες προσανατολισμού όμως, αφορούσαν πάντα ένα πολύ μικρό μέρος των δαπανών της ΚΑΠ, με άμεση συνέπεια η κύρια λειτουργία της να είναι η στήριξη των αγορών και των αγροτικών εισοδημάτων, λειτουργία η οποία επέδρασε στρεβλωτικά στην αγροτική διάρθρωση της Θεσσαλίας, όπως και άλλων αγροτικών περιφερειών της Ε.Ε. Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία, μεγάλη συμμετοχή στη χρηματική στήριξη του FEOGA έχει ο Ν. Καρδίτσας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι ολόκληρος ο Ν. Καρδίτσας είναι ενταγμένος στην περιοχή Γ του αναπτυξιακού νόμου 1892/90 όσον αφορά τις επενδύσεις σε μεταποιητικές επενδύσεις όπως αυτές περιγράφονται στο άρθρο 2 του ΠΔ/456/95. Σαφώς η ένταξη του Νομού στην περιοχή Γ θα έχει θετικές συνέπειες στη γενικότερη φυσιογνωμία της περιοχής μελέτης και της ευρύτερης περιοχής της λίμνης Πλαστήρα, λόγω των ενθαρρυντικών κινήτρων που γίνονται διαθέσιμα έτσι.

2.13 Ένταξη σε Ζώνες Αναπτυξιακών Κινήτρων²⁵

Με το νέο Αναπτυξιακό Νόμο 2601/98 (ΦΕΚ 81Α/15.4.1998), η Θεσσαλία εντάχθηκε γενικά στην περιοχή Β, η οποία δεν ταυτίζεται με την ανάλογη ζώνη του προηγούμενου νόμου. Τώρα, στην περιοχή αυτή περιλαμβάνονται οι περιφέρειες, οι νομοί ή τα τμήματα των νομών που δεν ανήκουν στην Θράκη και τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου, στους νομούς Αττικής και Θεσσαλονίκης και δεν εμφανίζουν έντονα προβλήματα ανεργίας ή μείωσης του ενεργού πληθυσμού. Σημειώνεται ότι στις τελευταίες αυτές περιοχές που θα καθορίζονται με κοινή απόφαση των Υπουργείων Εθνικής Οικονομίας, Ανάπτυξης και Εργασίας μάλλον θα ενταχθούν και οι χαρακτηρισμένες ως φθίνουσες ζώνες της Θεσσαλίας.

²⁴ Πηγή: Χωροταξικό Σχέδιο περιφέρειας Θεσσαλίας

²⁵ Πηγή: Χωροταξικό Σχέδιο περιφέρειας Θεσσαλίας

Σκοπός του νέου Αναπτυξιακού νόμου είναι να περιοριστούν οι ενισχύσεις για δημιουργία νέων ξενοδοχειακών μονάδων και να υπάρξει στροφή πόρων σε επενδύσεις που βελτιώνουν την ποιότητα και διαφοροποιούν το ήδη υπάρχον τουριστικό προϊόν. Σύμφωνα με τον νέο αναπτυξιακό νόμο, η ίδρυση ή επέκταση ξενοδοχειακών μονάδων εντός της περιοχής Β δεν τυγχάνει καμιάς απολύτως ενισχύσεως. Αντίθετα επιλέξιμες για ενίσχυση είναι οι επενδύσεις που αποσκοπούν:

- Στον εκσυγχρονισμό των υφισταμένων ξενοδοχειακών μονάδων.
- Στην μετατροπή παραδοσιακών ή διατηρητέων κτιρίων σε ξενοδοχειακές μονάδες.
- Στην ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμό συνεδριακών κέντρων.
- Στην ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμό χιονοδρομικών κέντρων.
- Στην ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμό ιαματικών νερών.
- Στην ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμό γηπέδων γκολφ.
- Στην ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμό κέντρων θαλασσοθεραπείας.
- Στην ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμό κέντρων τουρισμού υγείας.
- Στην ίδρυση, επέκταση, εκσυγχρονισμό κέντρων προπονητικού αθλητικού τουρισμού.

2.14 Λαογραφικά-Πολιτιστικά στοιχεία

Η πόλη της Καρδίτσας παρουσιάζει έντονη πολιτιστική κίνηση με μια σειρά ετήσιων εκδηλώσεων με κορυφαία τα «Καραϊσκάκεια» (20-30/05) προς τιμήν του αγωνιστή της επανάστασης του '21, το «Πανελλήνιο Φεστιβάλ Ερασιτεχνικού Θεάτρου» (20-30/3), το «Διεθνές Χορωδιακό Φεστιβάλ» (1-10/9). Συχνές είναι και άλλες εκδηλώσεις χορευτικών συγκροτημάτων και συλλόγων (Μενελαΐδεια). Η Δημοτική Βιβλιοθήκη και η Λαϊκή Βιβλιοθήκη «Η Αθηνά» παρουσιάζουν μια σειρά σπάνιων βιβλίων και εκδόσεων. Πρέπει επίσης να σημειωθεί το πλήθος των εκδηλώσεων που υλοποιούνται συχνά κατά την διάρκεια του έτους από τους πολυάριθμους τοπικούς συλλόγους, πραγματοποιείται επίσης και εμπορικό πανηγύρι 20-27 Οκτωβρίου.

Στον Μεσενικόλα πραγματοποιείται πανηγύρι της Παναγίας το

Δεκαπενταύγουστο, η γιορτή του κρασιού 10-15 Αυγούστου καθώς επίσης και εμπορικό πανηγύρι στις 5-8 Σεπτεμβρίου.

Στο Μορφοβούνι γίνονται τα "Πλαστήρια", 1-15 Αυγούστου που περιλαμβάνουν πολιτιστικές και αθλητικές εκδηλώσεις προς τιμή του Νικολάου Πλαστήρα. Ακόμη το πανηγύρι της Παναγίας 14-15 Αυγούστου, τα Ρογκατσάρια στις 5 Ιανουαρίου το "κάψιμο του αφανού" και ο "διπλός χορός" το Πάσχα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 30

3.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό αναλύει τις διαδικασίες που πραγματοποιήθηκαν για τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων που έχει σκοπό να συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων που τέθηκαν κατά το σχεδιασμό του προγράμματος LIFE, από τους αρμόδιους φορείς. Παρουσιάζει αναλυτικά στους στόχους δημιουργίας της βάσης, τον τρόπο δημιουργίας της, και τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάστηκε να ενημερώνεται παρέχοντας απαραίτητες πληροφορίες. Επιπλέον αναφέρεται η σημασία της ίδιας της βάσης δεδομένων ως εργαλείο παρακολούθησης των συνεπειών που έχουν οι εφαρμογές αποφάσεων και πολιτικών για την περιοχή μελέτης.

3.2 Σκοπός δημιουργίας της βάσης δεδομένων

Στα πλαίσια της επίτευξης των στόχων του προγράμματος LIFE (όπως αυτοί αναφέρονται στο 1^ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας), κρίνεται αναγκαία η χρησιμοποίηση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, προκειμένου να δημιουργηθεί μια χωρική βάση δεδομένων, η οποία θα περιέχει πληροφορίες χρήσιμες για την επαρκέστερη παρακολούθηση της περιοχής, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Σε συνδυασμό με τα παραπάνω η βάση δεδομένων, είναι αναγκαία προκειμένου να οργανωθεί και να ταξινομηθεί κάθε πληροφορία απαραίτητη για την παρακολούθηση των νερών, της πανίδας και της χλωρίδας της περιοχής και τον υπολογισμό των τάσεων ορισμένων υπαρκτών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Αναλυτικότερα η δημιουργία της βάσης έχει σκοπό

- την παρακολούθηση της ποιότητας των ρεόντων υδάτων στην ευρύτερη περιοχή μελέτης με σκοπό την έγκαιρη αντιμετώπιση προβλημάτων που απασχολούν ή δύναται να απασχολήσουν την περιοχή
- την επίβλεψη της επιρροής κάθε αλλαγής της ποιότητας των νερών στους ζώντες οργανισμούς της ευρύτερης περιοχής προκειμένου να λυθούν εν τη γενέσει τους μελλοντικά προβλήματα

Η βάση εμπλουτίζεται συνεχώς με πληροφορίες που θα συλλέγονται σε

εποχιακή βάση από σταθμούς που ανήκουν σε δίκτυο παρακολούθησης της ποιότητας της λεκάνης απορροής. Συγκεκριμένα σε εποχιακή βάση συλλέγονται πληροφορίες από 12 δειγματοληπτικούς σταθμούς στα πιο σημαντικά ρέματα που καταλήγουν στη λίμνη. Παράλληλα σε μηνιαία βάση πραγματοποιούνται φυσικοχημικές μετρήσεις τόσο στα ποτάμια όσο και σε πέντε σταθμούς της λίμνης που επιλέχθηκαν με βάση την εγγύτητα τους σε πιθανές πηγές ρύπανσης.

3.3 Σταθμοί δειγματοληψίας

3.3.1 Κριτήρια επιλογής

Οι σταθμοί που επιλέχθηκαν για δειγματοληψία στους χειμαρροποτάμους της λεκάνης απορροής της λίμνης είναι συνολικά 12. Η επιλογή τους έγινε με βάση τα εξής κριτήρια:

- ο αριθμός τους να είναι αρκετός, ώστε η μελέτη να καλύπτει επαρκώς όλη τη λεκάνη απορροής,
- να βρίσκονται κοντά σε πιθανές πηγές ρύπανσης και
- να είναι εύκολη η πρόσβαση σε αυτούς.

Για το λόγο αυτό οι περισσότεροι δειγματοληπτικοί σταθμοί βρίσκονται λίγα μέτρα απέναντι από τα σημεία που τα συναντά ο επαρχιακός δρόμος γύρω από τη λίμνη.

Επιπλέον, επιλέχθηκαν 5 δειγματοληπτικοί σταθμοί μέσα στη λίμνη σε σχέση με πιθανές πηγές ρύπανσης.

3.3.2 Περιγραφή σταθμών δειγματοληψίας στους χειμάρρους

Ο πρώτος σταθμός (1)²⁶ βρίσκεται πάνω στο ρέμα που ρέει ακριβώς δίπλα από το χωριό Κρυονέρι. Ένας μικρός του κλάδος που διαρρέει το χωριό και πιθανόν δέχεται τα βοθρολύματα του, συμβάλλει στο ρέμα λίγο πριν την εκβολή του τελευταίου στη βορειοδυτική όχθη της λίμνης. Το ρέμα αυτό πηγάζει από τους

²⁶ Η ονοματολογία και η αρίθμηση των σταθμών ακολουθεί τα πρότυπα ονοματολογίας της ομάδας του LIFE που ήταν υπεύθυνη για την συλλογή των στοιχείων από τους δειγματοληπτικούς σταθμούς.

ορεινούς όγκους Κουφόλογγο και Δερματά, έχει μήκος 3889 m και αποστραγγίζει έκταση 6,267 km², στην οποία συμπεριλαμβάνονται κήποι όπου καλλιεργούνται διάφορα οπωροκηπευτικά και βοσκοτόπια. Η μέση κλίση του είναι 140 m/km. Στην περιοχή έχει παρατηρηθεί καταστροφή ενδιαιτημάτων από χωματοургικές εργασίες για την εκτροπή του γειτονικού χειμάρρου Κερασιώτη, που δεν εκβάλλει στη λίμνη, και αισθητική υποβάθμιση από ρίψη μπαζών δίπλα στη λίμνη. Κατά τη θερινή περίοδο κατασκευάστηκε χωμάτινο φράγμα δίπλα στο δρόμο για αρδευτικούς σκοπούς. Η θέση δειγματοληψίας βρίσκεται λίγα μέτρα απέναντι από το σημείο που το συναντά ο δρόμος και απέχει από τις πηγές του ρέματος απόσταση περίπου 3690 m.

Ο δεύτερος σταθμός (2) βρίσκεται στο Μεγάλο Ποτάμι, το οποίο αφού διανύσει μια απόσταση 7835 m μέσα από δασικές περιοχές και αφού περάσει μέσα και δίπλα από τα χωριά Φυλακτή και Πεζούλα, καταλήγει στη δυτική όχθη της λίμνης. Η έκταση που αποστραγγίζει είναι περίπου 24,33 km², στην οποία συμπεριλαμβάνονται κήποι με οπωροκηπευτικά και λιβάδια για βόσκηση. Πιθανές πηγές ρύπανσης αποτελούν τα βοθρολύματα των χωριών Φυλακτή και Πεζούλα, καθώς και ένα ιχθυοτροφείο πέστροφας παραγωγής 5 περίπου τόνων ετησίως που βρίσκεται κοντά στη Φυλακτή. Σε διάφορα σημεία του ρέματος, κυρίως κοντά στη λίμνη, έχει παρατηρηθεί αισθητική υποβάθμιση από την απόρριψη σκουπιδιών. Δίπλα από το χωριό Πεζούλα υπάρχει εγκάρσιο τσιμεντένιο φράγμα. Η μέση κλίση του ρέματος φτάνει τα 70 m/km. Ο κυριότερος παραπόταμος του είναι το ρέμα Καρελούς, το οποίο διαρρέει μόνο δασικές εκτάσεις. Ο σταθμός δειγματοληψίας βρίσκεται απέναντι από τον επαρχιακό δρόμο και απέχει από τις πηγές του ρέματος απόσταση περίπου 7350 m.

Ο τρίτος δειγματοληπτικός σταθμός (3) βρίσκεται στο ρέμα Μπελάγια. Το ρέμα αυτό πηγάζει από το όρος Κούλια, έχει μήκος περίπου 3431 m και αποστραγγίζει έκταση 3,625 km². Διασχίζει κυρίως δασικές εκτάσεις και λιβάδια για βόσκηση, καθώς και λίγους κήπους με οπωροκηπευτικά (κυρίως πατάτες) λίγο πριν να καταλήξει στη λίμνη, στη δυτική όχθη. Η μέση κλίση της ροής του είναι περίπου 114 m/km. Η ανθρώπινη επέμβαση στη ροή του είναι εμφανής στη γέφυρα, στο σημείο όπου ο νέος δρόμος συναντά το ρέμα, όπου και έχει παρατηρηθεί καταστροφή ενδιαιτημάτων. Η θέση δειγματοληψίας βρίσκεται λίγα μέτρα απέναντι από το σημείο που το διασχίζει ο δρόμος, σε απόσταση περίπου 3000 m από τις πηγές του ρέματος.

Ο επόμενος σταθμός (4) βρίσκεται πάνω στο χείμαρρο του Νεοχωρίου. Το ρέμα αυτό δημιουργείται από τη συμβολή τριών μικρότερων ρεμάτων που πηγάζουν από το βουνό Ράχη Καραγιάννη και έχουν μήκος 1731 m, 1861 m και 1632 m αντίστοιχα. Δύο από αυτά τα ρέματα διασχίζουν το χωριό. Μετά τη συμβολή αυτών δίπλα από το Νεοχώρι και απέναντι από το σταθμό δειγματοληψίας, το ρέμα ρέει για 653,6 m και χύνεται στη λίμνη, στη δυτική πλευρά. Ο χείμαρρος ρέει μέσα από δασικές εκτάσεις, κήπους και βοσκοτόπια. Κυριότερη πηγή ρύπανσης αποτελούν τα βοθρολύματα του χωριού. Η μέση κλίση του ρέματος είναι 170 m/km υπολογισμένη από τις πηγές του μεγαλύτερου σε μήκος κλάδου του (αυτό με μήκος 1861 m) μέχρι το σημείο εκβολής του. Τα δείγματα συλλέγονται λίγα μέτρα απέναντι από το δρόμο σε απόσταση περίπου 2200 m από τις πηγές του ίδιου κλάδου του ρέματος.

Ο πέμπτος σταθμός δειγματοληψίας (5) βρίσκεται στον ποταμό Καριτσιώτη, λίγα μέτρα απέναντι από το σημείο που τον διασχίζει ο δρόμος. Ο Καριτσιώτης προκύπτει από τη συμβολή των ρεμάτων Μπούνου και Καρυάς, διασχίζει δασικές εκτάσεις και ορεινά βοσκοτόπια και μετά από ροή μήκους 8423 m (από το σημείο συμβολής των δύο ρεμάτων) εκβάλλει στη δυτική όχθη της λίμνης αποστραγγίζοντας έκταση 46,45 km². Είναι από τους λίγους χείμαρρους με συνεχή ροή σε όλη τη διάρκεια του έτους. Η μέση κλίση του είναι περίπου 45 m/km. Ο κυριότερος παραπόταμός του είναι το ρέμα Κρεμαστά (Κερεντάν), που χύνεται στον Καριτσιώτη λίγα μέτρα κατάντη από το σημείο που τον διασχίζει ο δρόμος. Εκατό πενήντα (150 m) μέτρα απέναντι και 100 m κατάντη από τη θέση δειγματοληψίας, η οποία απέχει από το σημείο συμβολής των δύο ρεμάτων περίπου 7500 m, υπάρχουν δύο ιχθυοτροφεία πέστροφας, 20 και 5 τόνων παραγωγής ετησίως αντίστοιχα. Κυριότερες πηγές ρύπανσης θεωρούνται τα βοθρολύματα του οικισμού Καρβασαρά που χύνονται στο χείμαρρο μέσω κατείσδυσης απέναντι από το σταθμό δειγματοληψίας, τα δύο ιχθυοτροφεία και τα βοθρολύματα της εποχιακής κατασκήνωσης «Ευ ζην», κατάντη από το σταθμό δειγματοληψίας, στις εκβολές του ρέματος. Επίσης, ο χείμαρρος διασχίζει κήπους με οπωροκηπευτικά, βοσκολίβαδα, ενώ πραγματοποιούνται αμμοληψίες κοντά στις εκβολές του. Εμφανής επίσης είναι η απόρριψη σκουπιδιών σε κάποια σημεία της ροής του.

Ο έκτος δειγματοληπτικός σταθμός (6) βρίσκεται στον κύριο παραπόταμο του Καριτσιώτη, στο ρέμα Κρεμαστά (Κερεντάν). Το ρέμα αυτό πηγάζει από την περιοχή ανάμεσα στα όρη Μπορλέρο και Πεταλούδα, έχει μήκος 3153 m και μόνο του

αποστραγγίζει έκταση 4,853 km². Η μέση κλίση του είναι 221 m/km και η ροή του χαρακτηρίζεται από φυσικές μεγάλες αναβαθμίδες. Οι εκτάσεις που διασχίζει είναι δασικές με βοσκοτόπια, χωρίς να υπάρχει κανένας οικισμός στη λεκάνη απορροής του. Η ανθρώπινη επέμβαση εστιάζεται στη διάνοιξη δασικού δρόμου. Ο σταθμός δειγματοληψίας που βρίσκεται λίγα μέτρα ανάντι από το δρόμο απέχει 2950 m από τις πηγές του ρέματος.

Η επόμενη θέση δειγματοληψίας (**8α**) βρίσκεται στο πρώτο και το μεγαλύτερο από τα τρία ρέματα που διασχίζουν το Εκπαιδευτικό Δάσος του Μπελοκομούτη. Οι πηγές του βρίσκονται στις παρυφές του όρους Μάνδρα. Το μήκος του φτάνει τα 1858 m και η μέση κλίση του τα 306 m/km. Η διαδρομή που ακολουθεί χαρακτηρίζεται από υψηλές και απότομες φυσικές αναβαθμίδες μέσα από δασικές εκτάσεις και περνά κοντά από τον οικισμό Ζυγογιανναίικα. Η λεκάνη απορροής του είναι περίπου 0,5523 km². Η θέση δειγματοληψίας βρίσκεται λίγα μέτρα απέναντι από το σημείο που το ρέμα συναντά το δρόμο και απέχει από τις πηγές του περίπου 1650 m. Ακριβώς δίπλα στο δρόμο έχει δημιουργηθεί μικρό φράγμα. Κατά τη θερινή περίοδο η παροχή του σχεδόν μηδενίζεται, ενώ όλο του το λιγιστό νερό διοχετεύεται με σωληνώσεις για αρδευτικούς σκοπούς.

Ο επόμενος σταθμός δειγματοληψίας (**8μ**) βρίσκεται στο δεύτερο ρέμα που διασχίζει το Δάσος του Μπελοκομούτη. Οι πηγές του βρίσκονται στην ίδια περιοχή με αυτές του προηγούμενου ρέματος με το οποίο και μοιάζει ως προς τα φυσικά του χαρακτηριστικά. Το μήκος του φτάνει τα 1560 m, η λεκάνη απορροής του τα 0,4081 km² και η μέση κλίση του τα 385 m/km. Ο σταθμός δειγματοληψίας που βρίσκεται απέναντι από το δρόμο απέχει περίπου 1360 m από τις πηγές.

Ο ένατος δειγματοληπτικός σταθμός (**8β**) βρίσκεται στο τρίτο ρέμα του δάσους του Μπελοκομούτη και είναι ο τελευταίος στη δυτική πλευρά της λίμνης πριν από το φράγμα. Πηγάζει και αυτό από το βουνό Μάνδρα, έχει μήκος 1318 m και λεκάνη απορροής 0,2822 km². Χαρακτηρίζεται από ψηλές και απότομες φυσικές αναβαθμίδες με αποτέλεσμα η κλίση του να είναι μεγάλη και να φτάνει τα 373 m/km. Ο σταθμός δειγματοληψίας βρίσκεται απέναντι από το δρόμο σε απόσταση περίπου 1120 m από τις πηγές.

Ο επόμενος σταθμός δειγματοληψίας (**9**) βρίσκεται στο ρέμα ανάμεσα στο φράγμα και στο χωριό Μούχα. Το ρέμα αυτό πηγάζει από το βουνό Πυργούλι, έχει μήκος μόνο 918 m και λεκάνη απορροής 0,7516 km², στην οποία περιλαμβάνονται

κηποκαλλιέργειες και βοσκοτόπια. Εκβάλλει στη νότια πλευρά της λίμνης. Η κλίση του φτάνει τα 208 m/km. Η θέση δειγματοληψίας βρίσκεται λίγα μέτρα απέναντι από το δρόμο και απέχει 600 m από τις πηγές του ρέματος.

Η επόμενη δειγματοληπτική θέση **(10)** βρίσκεται πάνω στο ρέμα της Μούχας, το οποίο επίσης πηγάζει από το βουνό Πυργούλι και εκβάλλει στη νότια όχθη της λίμνης. Έχει μήκος 1562 m, λεκάνη απορροής 2,266 km² και μέση κλίση 84 m/km. Το ρέμα διασχίζει βοσκοτόπια και κηποκαλλιέργειες. Η θέση δειγματοληψίας βρίσκεται λίγα μέτρα απέναντι από το δρόμο και απέχει περίπου 1360 m από τις πηγές του ρέματος.

Ο τελευταίος δειγματοληπτικός σταθμός **(11)** στους χειμάρους, βρίσκεται στο ρέμα Καστανιάς, ανάμεσα στα χωριά Μούχα και Καστανιά. Αυτό έχει μήκος 1360 m, λεκάνη απορροής 2,227 km² και μέση κλίση 64 m/km. Ο σταθμός δειγματοληψίας απέχει από τις πηγές του ρέματος περίπου 850 m και βρίσκεται λίγα μέτρα απέναντι από τον επαρχιακό δρόμο.

3.3.3 Περιγραφή σταθμών δειγματοληψίας στη λίμνη

Εντός της λίμνης, επιλέχθηκαν 5 δειγματοληπτικοί σταθμοί όπου θα πραγματοποιούνται φυσικοχημικές μετρήσεις. Οι σταθμοί βρίσκονται: α) ο πρώτος **(Α)** στη βορειοανατολική πλευρά της λίμνης, στην περιοχή του Μορφοβουνίου, όπου υπάρχει εκβολή ρυακιού που διαρρέει κηποκαλλιέργειες και βοσκοτόπια και πιθανόν να δέχεται και βοθρολύματα, ο δεύτερος **(Β)** στη δυτική όχθη της λίμνης, μπροστά στην παραλία του οικισμού Καλύβια της Πεζούλας, ο τρίτος **(Γ)** μπροστά στις κατασκηνώσεις «Ευ ζην» στην περιοχή του Μπελοκομύτη στη δυτική όχθη, όπου εκεί εκβάλλει και ο Καριτσιώτης, ο τέταρτος **(Δ)** βρίσκεται στην ανατολική όχθη μπροστά στον οικισμό Αγ. Αθανάσιος, όπου εκεί υπάρχει εκβολή ρυακιού που πιθανόν να δέχεται βοθρολύματα και ο τελευταίος **(Ε)** επίσης στην ανατολική όχθη, μπροστά στην παραλία του Λαμπερού.

3.4 Οργάνωση της βάσης δεδομένων

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να τονίσει την σημαντικότητα της

ένταξης των δορυφορικών δεδομένων ως πηγών χωρικής πληροφορίας στην προσπάθεια παρακολούθησης περιοχών με δεδομένο **απώτερο** στόχο την επαρκέστερη εφαρμογή πολιτικών και σχεδίων δράσης σε αυτές. Πρώτιστη σημασία για την παρούσα εργασία δεν είναι η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων που θα καλύπτει τις ανάγκες του προγράμματος LIFENAT/GR/006480 της περιοχής αλλά η προσπάθεια δημιουργίας μιας πρώτης μορφής βάσης δεδομένων θα είναι το σημείο αναφοράς από όπου η αρμόδια ομάδα του προγράμματος θα προχωρήσει καλύπτοντας τις προδιαγραφές που τέθηκαν για το πρόγραμμα. Προτείνεται ένας τρόπος, συνδυασμού των εργαλείων της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, δημιουργώντας μια μορφή βάσης δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί από την ομάδα του προγράμματος προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες του.

3.5 Μεθοδολογία

3.5.1 Σύλληψη-δημιουργία της γεωγραφικής βάσης δεδομένων

Προχωρώντας στη δημιουργία της βάσης είναι απαραίτητο να αποσαφηνιστούν, ορισμένες παράμετροι που λαμβάνονται υπ' όψη.

Αρχικός στόχος είναι ο **ακριβής προσδιορισμός του χώρου αναφοράς** της βάσης δεδομένων. Εξ' ορισμού αυτός ο χώρος για την παρούσα εργασία είναι η περιοχή περιμετρικά της λίμνης με βάθος κάποια μέτρα προς την ενδοχώρα, προκειμένου να λαμβάνονται υπ' όψη και ορισμένοι χείμαρροι που εκβάλλουν στη λεκάνη απορροής της λίμνης και η παρατήρηση τους είναι κομβικής σημασίας. Όσον αφορά στο **μοναδιαίο χώρο αναφοράς**, αυτός είναι το **σημείο**, το οποίο απεικονίζει ένα σταθμό δειγματοληψίας από τους 17, όπως αυτοί αναφέρονται και περιγράφονται από την αρμόδια ομάδα του προγράμματος LIFE που είναι υπεύθυνη για τον προσδιορισμό τους και την ονοματολογία τους.

Το δεύτερο σημαντικό που πρέπει να ληφθεί υπ' όψη είναι το είδος της πληροφορίας που θα περιέχει η βάση. Σε συνδυασμό με τις παραπάνω αναφορές (Βλ. παράγραφο 3.4), δημιουργείται μια υπόθεση εργασίας. Οι πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στην παρούσα φάση είναι ελλιπής. Έτσι η βάση δεδομένων να οργανώνεται περιέχοντας μόνο τις πληροφορίες που είναι διαθέσιμες στην

παρούσα φάση, προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της εργασίας. Επίσης οι συντεταγμένες των σημείων δειγματοληψίας όπως αυτές ήταν διαθέσιμες από την αρμόδια ομάδα (οι συντεταγμένες ήταν σε μερκατοριανό σύστημα αναφοράς δηλ. γεωγραφικό μήκος και πλάτος) κρίθηκε απαραίτητο να μετασηματιστούν στο Ελληνικό Γαιωδετικό Σύστημα Αναφοράς, ΕΓΣΑ 87. Αυτό κατέστη δυνατό μόνο κατά προσέγγιση.

Η μορφή της βάσης δεδομένων είναι η ακόλουθη:

Πίνακας 3.4 Τα στοιχεία της βάσης δεδομένων και η κατανομή τους σε αυτή

Σταθμός	Χωρική Μεταβλητή A	Χωρική Μεταβλητή B	Χωρική Μεταβλητή ...	Χωρική Μεταβλητή N
1	Input A1	Input B1	Input A...	Input N1
...	Input A...	Input B...	Input ...	Input N...
17	Input A17	Input B17	Input ...	Input N17
...

Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

3.5.2 Ψηφιακή – χωρική απεικόνιση της βάσης μέσω λογισμικών

Ακολουθώντας μετά την επιλογή του είδους της πληροφορίας που θα περιέχεται στη βάση, πραγματοποιείται η απεικόνιση της (εξαγωγή οπτικού αποτελέσματος) με τη χρήση λογισμικών Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, όπως το Arc view και το Arc info. Αρχικά εισάγονται τα δεδομένα στο Arc view, όπου κατόπιν δημιουργούμε ψηφιακά υπόβαθρα, που σχετίζονται με τις υπάρχουσες πληροφορίες.

Δημιουργείται ένα διανυσματικό αρχείο (vector file) χωρικής μονάδας 60x60 μ. Το αρχείο αυτό είναι το υπόβαθρο αναφοράς για όλες τις επιμέρους ψηφιακές απεικονίσεις κανάβου που κάθε μια τους θα αντιστοιχεί στις διαθέσιμες βιοτικές ή αβιοτικές πληροφορίες. Έτσι η βάση δεδομένων θ' αποτελείται από διαφορετικά επίπεδα πληροφοριών καθένα από τα οποία θα μπορεί να απεικονιστεί

ψηφιακά σαν ξεχωριστός ψηφιακός χάρτης.

Λόγω της υπάρχουσας ασυνέχειας στις διαθέσιμες πληροφορίες (σημειακές μετρήσεις των παραπάνω μεταβλητών) κρίθηκε σκόπιμο να δημιουργηθεί ένα επιφανειακό μοντέλο εδάφους για κάθε μια από τις μεταβλητές και για όλη την περιοχή έρευνας σύμφωνα με το μοντέλο της γραμμικής παρεμβολής (linear interpolation). Η προσομοίωση αυτή ήταν αναγκαία λόγω της έλλειψης των μετρήσεων κάθε μεταβλητής σε κάθε μονάδα χωρικής αναφοράς.

Λαμβάνοντας υπ' όψη την ασαφή κατά συστάδες ομαδοποίηση (fuzzy clustering), που πραγματοποιήθηκε από το ΑΠΘ²⁷ μια πρόταση για πιο ακριβή χωρικά μοντέλα θα ήταν η δημιουργία ψηφιακών υποβάθρων διαφορετικών για κάθε ομάδα που μας έδωσε την κατά συστάδες ομαδοποίηση. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής του μοντέλου της γραμμικής παρεμβολής (linear interpolation) εμφανίζονται στον χάρτη 2 για δυο διαφορετικές ημερομηνίες. Η επιλογή των μεταβλητών (διαλυτό οξυγόνο και μέση θερμοκρασία) που απεικονίζονται στον χάρτη είναι τυχαία. Είναι βεβαίως δυνατή η απεικόνιση οποιασδήποτε μεταβλητής από τις 13 συνολικά που απαρτίζουν τη βάση δεδομένων.

3.5.3 Γενική χρήση της χωρικής βάσης δεδομένων

Με την πραγματοποίηση των βημάτων που προαναφέρθηκαν ουσιαστικά παρέχεται μια προπαρασκευαστική διαδικασία δημιουργίας μιας χωρικής βάσης δεδομένων, η οποία αποσκοπεί στο να επιδείξει ένα ενδεικτικό τρόπο συσχέτισης των δορυφορικών δεδομένων, και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, ως εργαλείων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Η χρήση του γραμμικού μοντέλου παρεμβολής (linear interpolation model) που περιγράφεται παραπάνω είναι ένα σημαντικό εργαλείο με το οποίο ο αναλυτής λαμβάνει γνώση για τη χωρική εξάπλωση των θεματικών πληροφοριών στην περιοχή μελέτης και οι δράσεις που πραγματοποιούνται στη συνέχεια λαμβάνουν υπ' όψη αυτούς τους παράγοντες και έτσι καθίστανται αποτελεσματικότερες.

²⁷ Μαρία Λαζαρίδου – Δημητριάδου, Εργαστήριο Ζωολογίας, Τομέας Ζωολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσ/νίκη

Στην παρούσα παράγραφο προτείνεται ένας συμπληρωματικός τρόπος που βοηθά στην εξαγωγή παρόμοιων αποτελεσμάτων. Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η εξής:

- Αρχικά ακολουθούνται τα ίδια βασικά βήματα που περιγράφονται στην παραπάνω παράγραφο με την σημειακή απεικόνιση των σημείων (σταθμοί δειγματοληψίας) και την κατασκευή της βάσης δεδομένων όπως αναφέρθηκε προηγουμένα. Ακολούθως πραγματοποιείται ο έλεγχος της σημειακής δομής, δηλαδή το "χτίσιμο" της τοπολογίας. Κατόπιν γίνεται με τις ίδιες διαδικασίες που περιγράφηκαν η εφαρμογή του μοντέλου της γραμμικής παρεμβολής.
- Ακολούθως προκειμένου να επιτευχθεί σύνδεση των δορυφορικών δεδομένων (δορυφορική εικόνα) με το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε και συνεπώς άμεση σχέση ανάδρασης μεταξύ αυτών, μετατρέπεται το αρχείο καννάβου (Raster) της δορυφορικής εικόνας σε διανυσματικό (Vector) μέσω του λογισμικού Arc info. Αποτέλεσμα αυτής της διεργασίας είναι κάθε εικονοστοιχείο (pixel) να μετατρέπεται από τη μορφή καννάβου (Raster) στη διανυσματική (Vector) μορφή, με πολυγωνική τοπολογία, περιέχοντας μια αριθμητική τιμή που αντιστοιχεί σε μια τιμή της βιοφυσικής μεταβλητής στο σημείο αυτό. Με τη χρήση εντολών του λογισμικού Arc info, δημιουργείται ένα νέο ψηφιακό υπόβαθρο (coverage). Ακολούθως με την εντολή Intersect του ίδιου λογισμικού, πραγματοποιείται αναγωγή τιμών από το μοντέλο της γραμμικής παρεμβολής στο νέο αυτό ψηφιακό υπόβαθρο.
- Τελικά το οπτικό αποτέλεσμα εξάγεται στο λογισμικό Arc view, με οπτικό υπόβαθρο την δορυφορική εικόνα. Η ανάγνωση των πληροφοριών, οι οποίες υπάρχουν αναγμένες ήδη στο υπόβαθρο της δορυφορικής εικόνας μετά από πραγματοποίηση των παραπάνω διεργασιών (χρήση Avenue, AML κ.α) σε κάθε σημείο γίνεται σε λογισμικά των Γεωγραφικών Συστημάτων πληροφοριών.

Η μεθοδολογία που παρατίθεται είναι ενδεικτική και με την εφαρμογή της επιτυγχάνεται η επαρκέστερη επιτήρηση της περιοχής μελέτης από τον χρήστη αφού υπεισέρχεται ο παράγοντας της γνώσης της κατανομής των

πληροφοριών που μελετά ο αναλυτής και συνεπώς αυτές λαμβάνονται υπ' όψη στο σχεδιασμό κάθε δράσης.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας
& Περιφερειακής Ανάπτυξης

Επεξεργασία Χαρτών:
 Εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης
 και Θεματικής Χαρτογραφίας

Διπλωματική Εργασία :

Επεξεργασία Δορυφορικών Εικόνων
 IRS-1C LISS στην περιοχή
 της λίμνης Ταυρωπού του Ν. Καρδίτσας
 Σύνδεση με το Ερευνητικό Πρόγραμμα
 LIFENAT/GR/006480

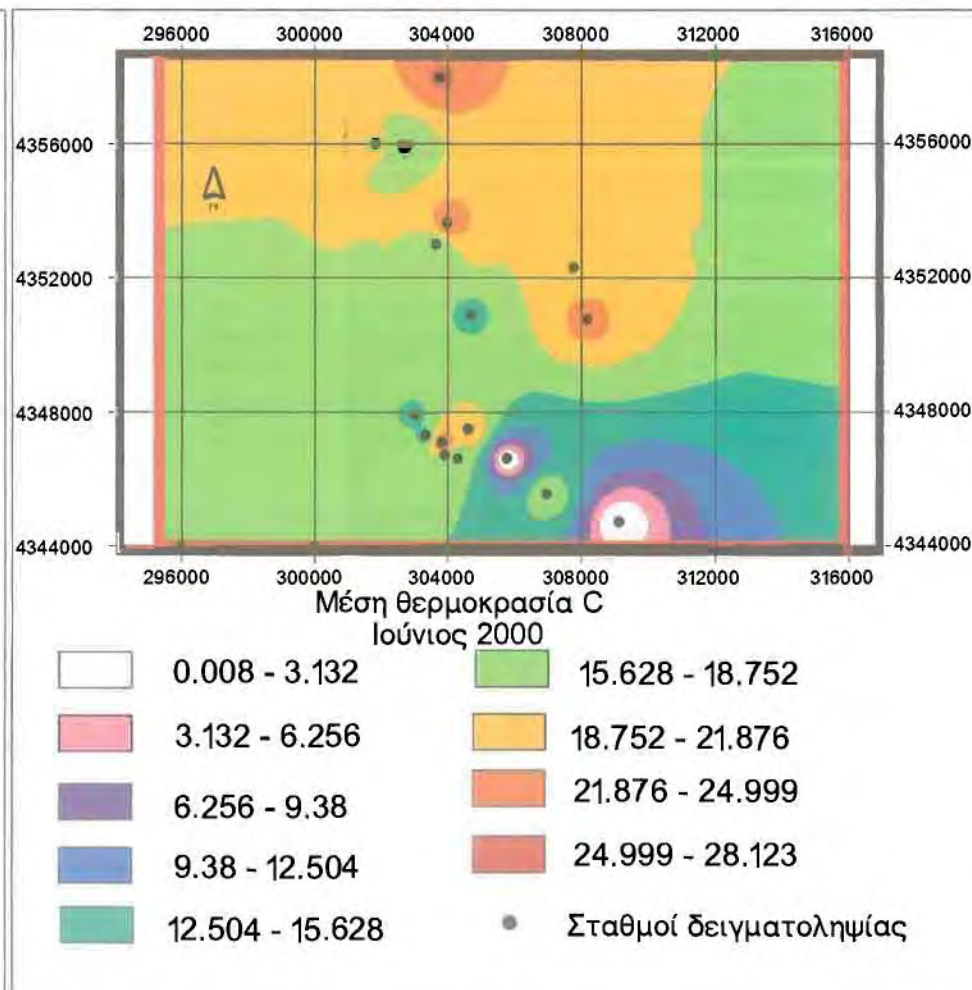
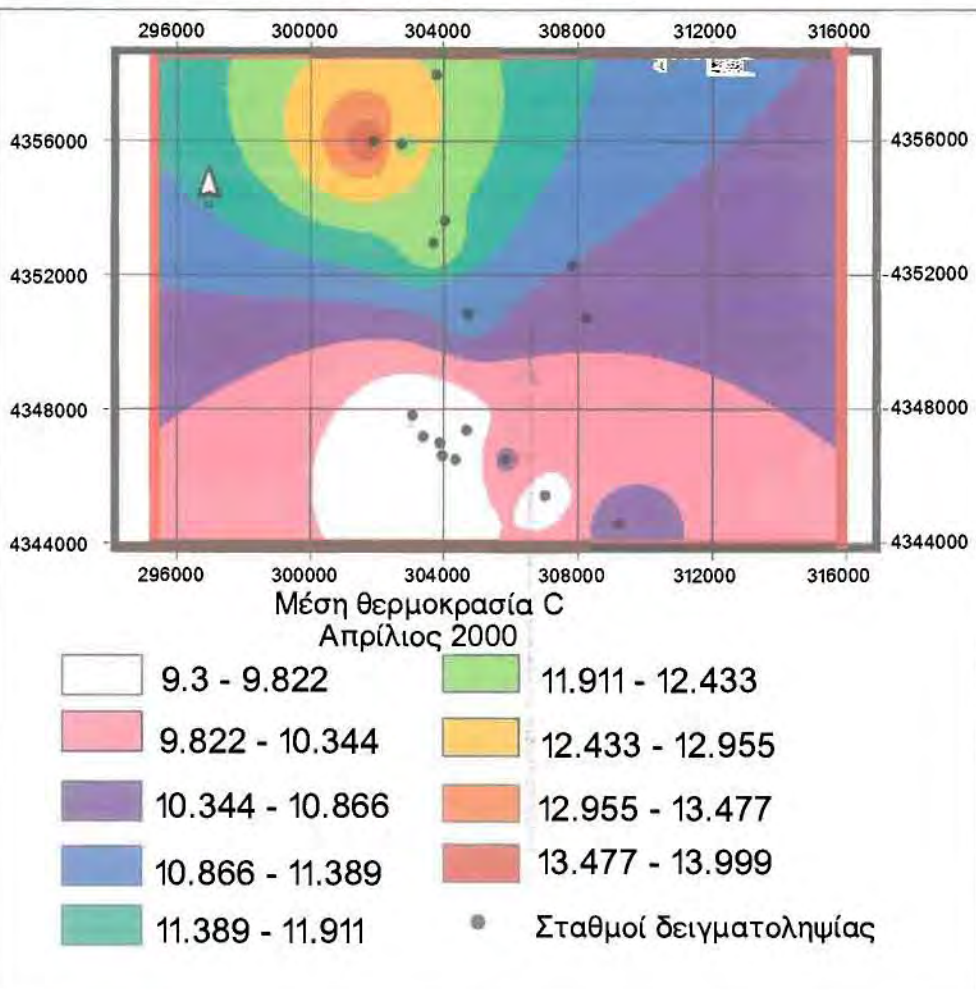
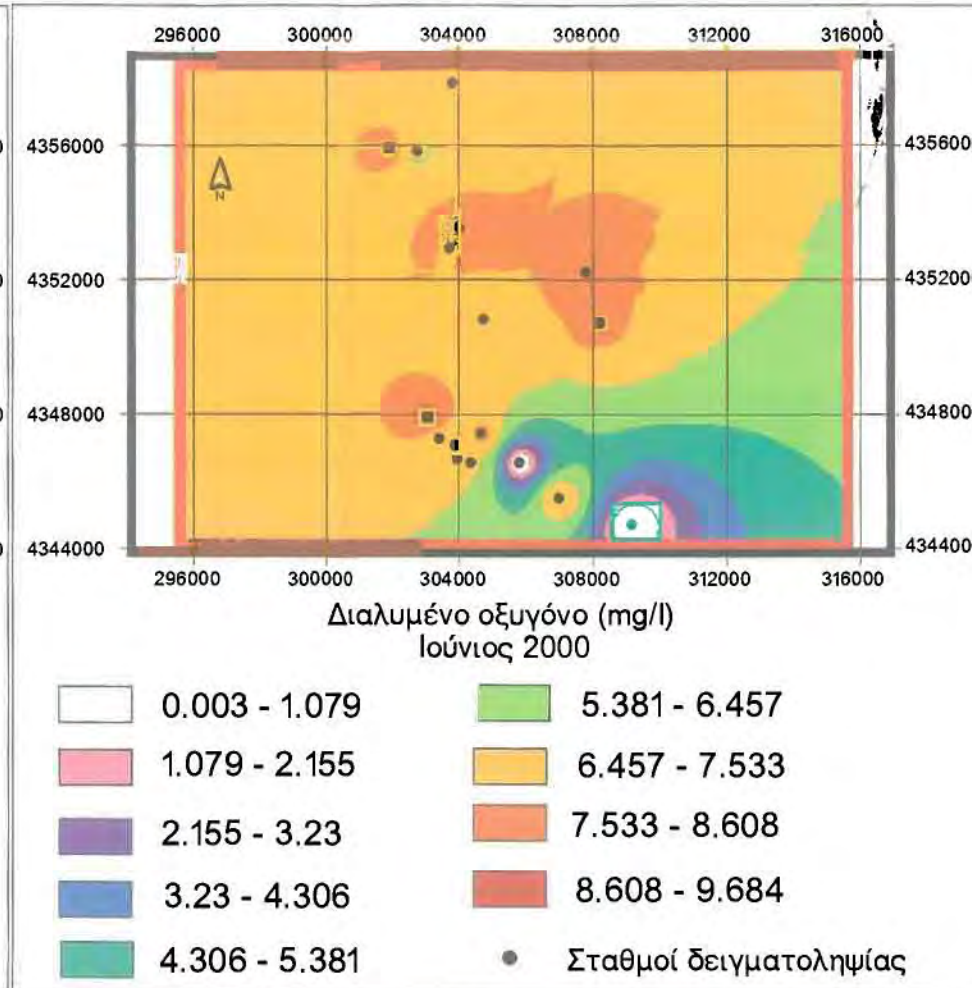
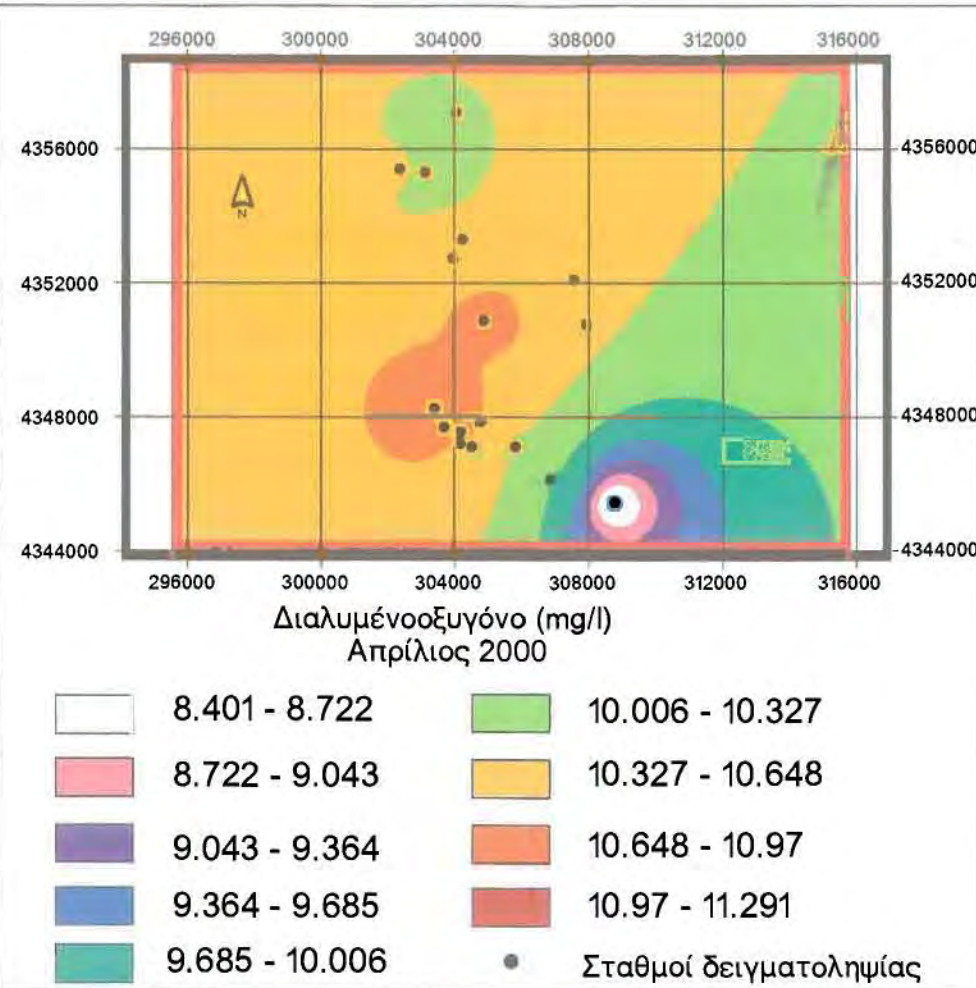
Τσιότρας
 Βασίλης

Χάρτης 2

Προσεγγιστική Χαρτογραφική Απεικόνιση
 Ποσοτικών Βιοφυσικών Μεταβλητών
 με τη βοήθεια
 του Μοντέλου της Γραμμικής Παρεμβολής
 (Linear Interpolation Model)
 (Χωρική Μονάδα Αναφοράς 60μ.)



Βόλος Σεπτέμβριος 2000



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 40

4.1 Εισαγωγικά

Ο σκοπός της διαδικασίας της ταξινόμησης μιας δορυφορικής ψηφιακής εικόνας είναι να αντικαταστήσει την οπτική ανάλυση των δεδομένων της εικόνας με ποσοτικές μεθόδους για την επίτευξη αυτοματοποίησης στην αναγνώριση των χαρακτηριστικών μιας περιοχής (Lillesand & Kiefer 1994). Με την έννοια του ο όρος ταξινόμηση σημαίνει την ομαδοποίηση ατόμων ή μεταβλητών.

Στην Τηλεπισκόπηση η ταξινόμηση (Classification) σημαίνει το διαχωρισμό μιας δορυφορικής πολυφασματικής εικόνας σε ομάδες από ομοειδή, ως προς τη ραδιομετρία τους pixel (Κυρίμης, Μπέτσης 1998). Ο σκοπός της διαδικασίας της ταξινόμησης κατά τους Lillesand & Kiefer, είναι να κατηγοριοποιήσουν όλα τα pixel της ψηφιακής εικόνας σε μία από τις διάφορες θεματικές κλάσεις, ανάλογα με τον αλγόριθμο που επιλέχθηκε. Αυτά τα κατηγοριοποιημένα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή θεματικών χαρτών. Οι ταξινομήσεις δύναται να είναι επιβλεπόμενες ή μη επιβλεπόμενες (Κυρίμης, Μπέτσης 1998)

Το σημαντικότερο πρόβλημα πριν από τη χρησιμοποίηση μιας δορυφορικής εικόνας είναι η ανάγκη διορθώσεων για την εξάλειψη κάποιων ανεπιθύμητων παραγόντων που εμφανίζονται σε αυτές. Οι παράγοντες αυτοί είναι διάφορες παραμορφώσεις στην εικόνα, (γνωστές και ως σφάλματα) που οφείλονται στην περιστροφή της γης, την καμπυλότητα της καθώς και στην ίδια την κίνηση του δορυφόρου.(Συλλαίος 1990,Περάκης1998).

Προκειμένου να χρησιμοποιήσουμε μια εικόνα ενός δορυφόρου, δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση να πραγματοποιήσουμε μια ταξινόμηση, είναι απαραίτητη η διόρθωση της με διάφορες τεχνικές.(Κυρίμης Μπέτσης, 1998)

4.2 Η ανόρθωση δορυφορικών εικόνων με τη χρήση λογισμικών Τηλεπισκόπησης

Η διαδικασία μετασχηματισμού μιας εικόνας ώστε να αποκτήσει συντεταγμένες κάποιου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς ή μιας άλλης εικόνας

γίνεται με τη χρήση συναρτήσεων, που δύναται να είναι γραμμικές (linear²⁸, affine²⁹), διγραμμικές ή και άλλων μορφών (polynomial κ.α.).

Στην παρούσα εργασία ο μετασχηματισμός για τη γαιοαναφορά των εικόνων έγινε με το υποπρόγραμμα Image Geometric Correction του λογισμικού Erdas 8.3.1 Imagine. Η ακολουθία έχει ως εξής:

- ◆ χρήση GPS χειρός (τύπος 12 της GARMIN) για την απόκτηση των συντεταγμένων ικανού αριθμού σημείων
- ◆ δημιουργία αρχείου συστήματος συντεταγμένων (Reference File) στο λογισμικό Erdas
- ◆ εύρεση των αντίστοιχων φωτοσταθερών σημείων GCPs³⁰ του εδάφους στην εικόνα
- ◆ δημιουργία αντίστοιχου αρχείου φωτοσταθερών σημείων
- ◆ ανόρθωση στο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ87 της εικόνας.
- ◆ αποδοχή ή όχι της ανόρθωσης σύμφωνα με τον έλεγχο μέσου σφάλματος RMS error³¹ που δύναται να πραγματοποιηθεί σε οποιοδήποτε σημείο της διαδικασίας στο πρόγραμμα Erdas αλλά μόνο στο τέλος λογισμικό Idrisi.

Ο ακριβέστερος οπτικός προσδιορισμός των φωτοσταθερών σημείων στην δορυφορική εικόνα κρίνει ουσιαστικά την ακρίβεια του αποτελέσματος της διαδικασίας.

Η απόκτηση της εικόνας της περιοχής μελέτης έγινε με την εντολή Image Geometric Correction/Subset Image, η λειτουργία της οποίας έγκειται στο να «κόβει» ουσιαστικά την εικόνα στα μέτρα που επιθυμεί ο χρήστης.

Τα αρχεία ψηφιακής μορφής που χρησιμοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας, βρίσκονται θεωρητικά σε ένα σύστημα συντεταγμένων όπου ο Βορράς βρίσκεται στην κατεύθυνση από κάτω προς τα πάνω, ως αποτέλεσμα αυτής της τοποθέτησης το ελάχιστο x βρίσκεται κάτω και αριστερά και το μέγιστο y πάνω και αριστερά (Κυρίμης Μπέτσης, 1998).

Κάθε εικόνα-αρχείο συνοδεύεται και από ένα αρχείο το οποίο περιέχει το σύστημα συντεταγμένων της εικόνας και έχει διαφορετική μορφή στα λογισμικά Idrisi 32 και Erdas IMAGINE 8.3.1, 9τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, προκειμένου να επεξεργαστούμε τη δορυφορική εικόνα του δορυφόρου

²⁸ Στο λογισμικό Idrisi 3.2 for Windows

²⁹ Στο λογισμικό Erdas 8.3.1 Imagine

³⁰ GCPs, Ground Control Points

IRS-1C). Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν, δεν ήταν ανορθωμένες σε κάποιο συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς με γνωστές προβολικές και γεωδαιτικές παραμέτρους και το σύστημα αναφοράς στο οποίο ήταν ανορθωμένες χαρακτηρίζεται επίπεδο (plane).

Για τον παραπάνω λόγο ήταν αναγκαίος ο μετασχηματισμός στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς το ΕΓΣΑ 87. Τα λογισμικά που είχαμε διαθέσιμα δεν παρέχουν αυτό το σύστημα και για να ολοκληρωθεί η διαδικασία κρίνεται απαραίτητη η δημιουργία ενός Reference File, το οποίο περιέχει τα χαρακτηριστικά του ΕΓΣΑ 87. Η δημιουργία του Reference File έγινε με τη χρήση της εντολής Image Geometric Correction/Add-change Projection. Τα στοιχεία και χαρακτηριστικά του ΕΓΣΑ 87 φαίνονται παρακάτω:

Projection Type: Transverse Mercator

Spheroid Name: GRS 1980

Datum Name: GRS 1980

Scale Factor of Central Meridian: 0.9996

Longitude: 24.00.00 E

Latitude of origin of Projection: 0.00.00 N

False Easting: 500000 m

False Northing: 0.0000 m

Στη συνέχεια με τη χρήση ενός γραμμικού μοντέλου (Affine) που παρέχονται από το πρόγραμμα Erdas, ανορθώθηκε η εικόνα του Ινδικού δορυφόρου IRS-1C, στο σύστημα ΕΓΣΑ 87, ακολουθώντας τη διαδικασία που θα περιγράψουμε παρακάτω αναλυτικά.

Η χρήση του GPS χειρός GARMIN 12 βοήθησε σε αυτή τη διαδικασία. Η γεωμετρική διόρθωση εικόνας απαιτεί τη δημιουργία ενός αρχείου GCPs στην επιφάνεια της εικόνας τα οποία είναι τα φωτοσταθερά σημεία επιφάνειας και αναγνωρίζονται εύκολα στην εικόνα. Αυτά δύναται να είναι:

- ◆ διασταυρώσεις οδών,
- ◆ όρια ακτογραμμής,

³¹ RMS, Root Mean Square

- ◆ ακρωτήρια, κόλποι,
- ◆ ταμειυτήρες,
- ◆ έντονα κυρτές στροφές δρόμων κτλ.

Κατά την έρευνα πεδίου ο χρήστης πρέπει να επιλέξει από πριν ποια σημεία είναι ικανά να του προσδώσουν ακριβής μετρήσεις με GPS, έτσι ώστε η ακρίβεια της διαδικασίας ανόρθωσης να είναι καλύτερη. Έχοντας καταγράψει τις συντεταγμένες των σημείων που επιλέχθηκαν στο πεδίο, δημιουργείται ένα αρχείο αναφοράς στο πρόγραμμα Erdas, όπου με τη χρήση της εντολής Image Geometric Correction και με γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς το ΕΓΣΑ 87, αντιστοιχίζονται οι συντεταγμένες που μετρήθηκαν από το GPS με το αντίστοιχο σημείο στην εικόνα. Κατόπιν αν η μέση τετραγωνική απόκλιση (το RMS error³²) μας ικανοποιεί 9συνήθως μικρότερο 1 χωρικής μονάδας), με την εντολή Resample και τη μέθοδο του κοντινότερου σημείου (Nearest Neighbor), δημιουργούμε την ανορθωμένη, ως προς το σύστημα αναφοράς που δημιουργήσαμε, εικόνα (output image). Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και όταν α ανορθώνεται μια εικόνα ως προς μια άλλη γαιωδετημένη, με τη διαφορά ότι αντί για συσχέτιση των σημείων με τις συντεταγμένες, εδώ αντιστοιχίζονται τα φωτοσταθερά σημεία των δυο εικόνων.

Η εικόνα που δημιουργήθηκε, (ανάλογα με τον έλεγχο του μέσου σφάλματος) δεν εμφανίζει τα ίδια pixel με τις ίδιες τιμές και στις δυο εικόνες.

Ο γραμμικός μετασχηματισμός που εφαρμόστηκε έχει κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τα υπόλοιπα μοντέλα που είναι διαθέσιμα από το πρόγραμμα. Ωστόσο εξ' ορισμού παρατηρούνται κάποια μικρά σφάλματα στην εικόνα αλλά αυτά εξαλείφονται επιδιώκοντας όσο το δυνατό μικρότερο RMS error, καθώς και σε συνδυασμό με την απόκτηση πολλών σημείων GCPs.

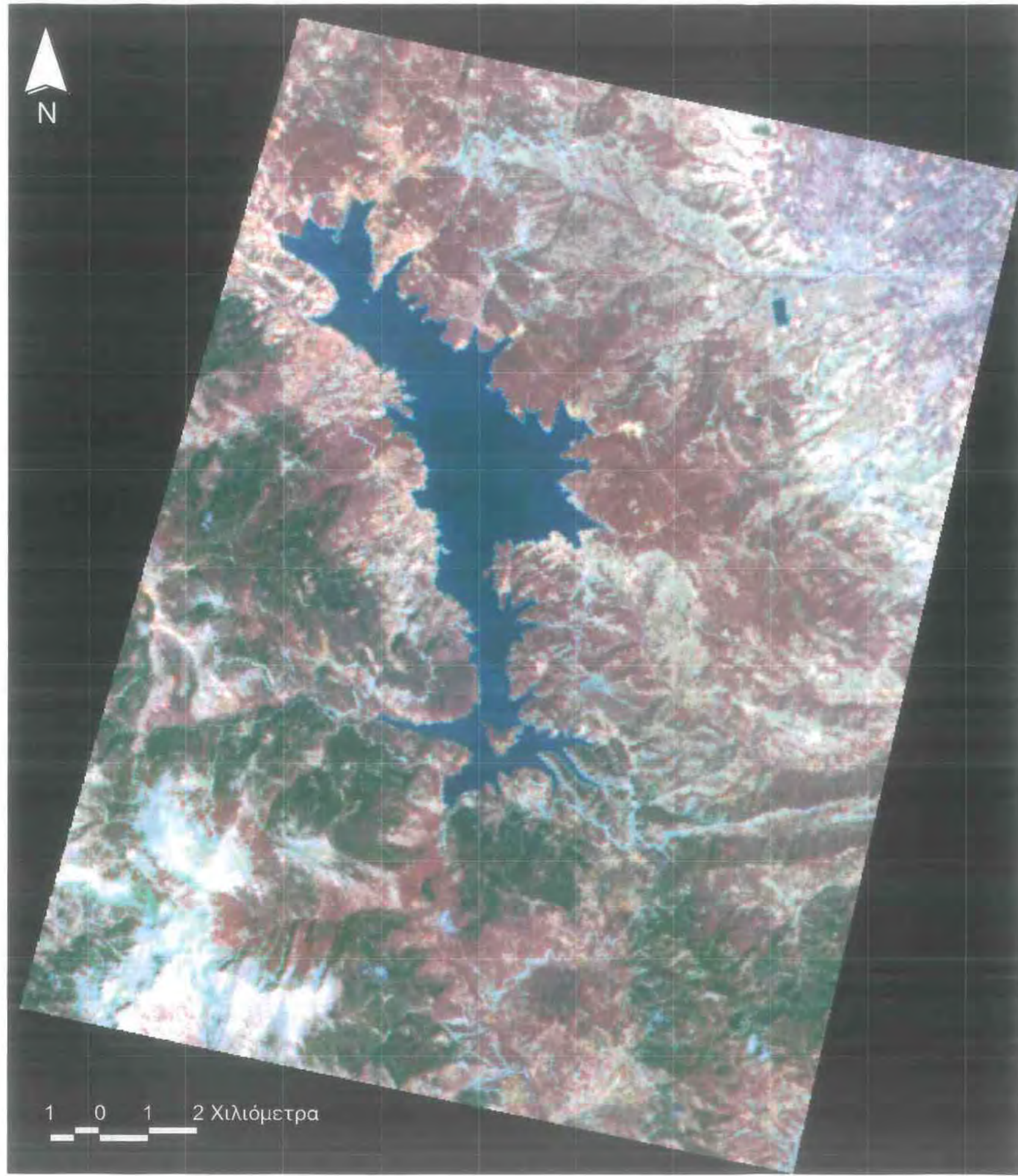
Η μέθοδος του κοντινότερου σημείου (Nearest Neighbor), είναι μια από τις μεθόδους που παρέχει το πρόγραμμα για τη διαδικασία του μετασχηματισμού. Σε σχέση με άλλες μεθόδους έχει κάποια πλεονεκτήματα που μας επιτρέπουν λιγότερα σφάλματα από αυτές (Κυρίμης Μπέτσης, 1998).

Η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω εφαρμόστηκε και για το μετασχηματισμό των εικόνων του Landsat της 07-09-97 της περιοχής μελέτης. Λόγω

³² Συνήθως επιλέγουμε εκείνα τα σημεία που μας δίνουν RMS error μικρότερο από το μισό του pixel της εικόνας αναφοράς ή στην προκειμένη περίπτωση σε μονάδες μέτρησης <1 μέτρου.

296000 298000 300000 302000 304000 306000 308000 310000 312000 314000 316000

4360000
4358000
4356000
4354000
4352000
4350000
4348000
4346000
4344000
4342000
4340000
4338000



1 0 1 2 Χιλιόμετρα

296000 298000 300000 302000 304000 306000 308000 310000 312000 314000 316000

4360000
4358000
4356000
4354000
4352000
4350000
4348000
4346000
4344000
4342000
4340000
4338000

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας
& Περιφερειακής Ανάπτυξης

Επεξεργασία Χαρτών:
 Εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης
 και Θεματικής Χαρτογραφίας

Διπλωματική Εργασία :

Επεξεργασία Δορυφορικών Εικόνων
 IRS-1C LISS στην περιοχή
 της λίμνης Ταυρωπού του Ν. Καρδίτσας
 Σύνδεση με το Ερευνητικό Πρόγραμμα
 LIFENAT/GR/006480

Τσιότρας
 Βασίλης

Χάρτης 3

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Χρωματική Σύνθεση
 των φασματικών καναλιών
 4, 2, 1 σε χρωματισμούς
 κόκκινο, πράσινο και μπλε αντίστοιχα,
 δορυφορική εικόνα IRS-1C, Αύγουστος 1998



Βόλος Σεπτέμβριος 2000

του μεγάλου μεγέθους pixel του Landsat (28m.) η υπέρθεση έγινε με μεγαλύτερο σφάλμα περίπου 1,1 μ. Αν και τελικά η εικόνα του Landsat δεν χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, ωστόσο κρίθηκε απαραίτητο να προβούμε στη γεωμετρική της διόρθωση έτσι ώστε να βεβαιωθούμε μετά από ολοκληρωμένη σύγκριση ότι η χρήση της δεν θα έδινε άλλο επαρκέστερο αποτέλεσμα από αυτό που εξήχθη τελικώς με την εικόνα του IRS-1C.

Πίνακας 4.2: Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου του κοντινότερου σημείου

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Στην εύρεση νέων συντεταγμένων δε χρειάζεται να υπολογιστεί μέσος όρος αριθμού συντεταγμένων και έτσι δεν χάνονται τιμές στα άκρα	Στη διαδικασία του Resample παρατηρούνται προβλήματα στο μετασχηματισμό των καμπυλών και των διαγωνίων
Είναι κατάλληλη πριν από την ταξινόμηση	Μερικά στοιχεία μπορεί να αντιγραφούν από πάνω
Είναι η πιο εύκολη μέθοδος	Σε γραμμικού τύπου δεδομένα μπορεί να εμφανιστούν κενά
Κατάλληλη για θεματικού τύπου συστήματα	

Πηγή: Σημειώσεις Προγράμματος Erdas, επεξεργασία Κυρίμης, Μπέτσης

4.3 Επιβλεπόμενες ταξινομήσεις

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω διεργασιών, φθάνουμε στο σημείο της επιλογής της μεθόδου ταξινόμησης που επιλέχθηκε. Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας οι ταξινομήσεις που επιλέχθηκαν ανήκουν στην κατηγορία των επιβλεπόμενων ταξινομήσεων.

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση (Supervised classification), είναι η διαδικασία που χρησιμοποιείται στην ομαδοποίηση ραδιομετρικών δεδομένων στην Τηλεπισκόπηση (Κυρίμης, Μπέτσης 1998). Ο Richards διευκρινίζει ότι στηρίζεται στην χρήση κατάλληλων αλγορίθμων για την απεικόνιση των pixel σε προκαθορισμένες ομάδες ή κατηγορίες ή κλάσεις. Η διαδικασία την οποία περιγράφει είναι η ακόλουθη:

Αρχικά χαρακτηριστικά δείγματα γνωστών καλύψεων γης (ομογενείς

ραδιομετρικά περιοχές-πολύγωνα), που ονομάζονται «δειγματοληπτικές περιοχές³³», χρησιμοποιούνται για την σύνθεση μιας αμιγούς αριθμητικά ομάδας ραδιομετρικών τιμών, για κάθε κατηγορία κάλυψης γης που επιλέγουμε να απεικονίσουμε. Κάθε pixel από την εικόνα συγκρίνεται μέσω της φασματικής του υπογραφής με τις αμιγείς περιοχές και ταξινομείται τελικά σε αυτή που βρίσκεται πιο κοντά ως προς μια απόσταση (π.χ. ευκλείδεια).

Η διαδικασία έγκειται στα εξής³⁴:

- Στο δειγματοληπτικό στάδιο (training stage), όπου συλλέγονται τα αριθμητικά δεδομένα από τις δειγματοληπτικές περιοχές με την ίδια κατηγορία κάλυψης γης.
- Στο στάδιο ταξινόμησης (classification stage), όπου κάθε pixel με άγνωστη κάλυψη γης κατηγοριοποιείται στην κατηγορία κάλυψης γης που έχει τα περισσότερα κοινά χαρακτηριστικά.
- Στο στάδιο των αποτελεσμάτων (output stage), όπου τα αποτελέσματα της ταξινόμησης απεικονίζονται σε χάρτες, πίνακες ή οποιαδήποτε άλλη μορφή δεδομένων.

4.4 Η μέθοδος ταξινόμησης μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood)

Κατά τους Lillesand & Kiefer η μέθοδος μέγιστης πιθανοφάνειας βασίζεται στη ολική πιθανότητα ένα οποιοδήποτε pixel να ανήκει σε μια συγκεκριμένη κατηγορία κάλυψης γης.

Η βασική θεωρία είναι ότι οι πιθανότητες να ανήκει ένα εικονοστοιχείο σε μια κατηγορία είναι ίδιες για όλες τις κατηγορίες και οι ραδιομετρικές τιμές των εικονοστοιχείων των φασματικών καναλιών να έχουν κανονική κατανομή στην ταξινόμηση. Οπτικά αυτό φαίνεται και στους πίνακες συνδυακόμενης³⁵ και το διάλυμα μέσων τιμών³⁶ (Κυρίμης, Μπέτσης 1998). Βάσει της υπόθεσης αυτή και με τη χρήση ορισμένων παραμέτρων δύναται να υπολογιστεί η στατιστική πιθανότητα ένα pixel να ανήκει ή όχι σε κάποια κατηγορία κάλυψης γης.

³³ Στη ξενόγλωσση βιβλιογραφία συναντώνται ως training sites

³⁴ Lillesand & Kiefer 1998

³⁵ covariance matrix

³⁶ mean vector

Πίνακας 4.4 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου μέγιστης πιθανοφάνειας

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Θεωρείται η πιο ακριβής μέθοδος ταξινόμησης διότι λαμβάνει υπ' όψη το μεγαλύτερο αριθμό μεταβλητών	Είναι σχετικά χρονοβόρα διαδικασία
Λαμβάνει υπ' όψη την πιθανότητα ταξινόμησης των κατηγοριών χρησιμοποιώντας τον πίνακα συνδιακύμανσης	Βασίζεται σε μεγάλο ποσοστό στην συνεισφορά δεδομένων κάθε φασματικού καναλιού
	Επαναταξινομεί φασματικές υπογραφές με μεγάλη τιμή πιθανότητας στον πίνακα συνδιακύμανσης

Πηγή: Κυρίμης Μπέτσης 1998

4.5 Το στάδιο της δειγματοληψίας

Για τον εντοπισμό και υπολογισμό των δειγματοληπτικών περιοχών κύριος παράγοντας επιτυχίας είναι ο χρήστης να γνωρίζει και να έχει πρόσβαση γεωγραφικά την περιοχή που μελετά. Επίσης από την ποσότητα της πληροφορίας που συλλέγεται σε αυτό το στάδιο κρίνεται σε μεγάλο βαθμό και το αποτέλεσμα της ταξινόμησης.

Ο βασικός στόχος του δειγματικού ελέγχου όπως τον περιγράφουν οι Lillesand και Kiefer είναι ο υπολογισμός ενός αριθμού στατιστικών παρατηρήσεων που περιγράφουν τις φασματικές υπογραφές, για κάθε κατηγορία κάλυψης γης. Για να υπάρχει αποτέλεσμα πρέπει κάθε δειγματοληπτική περιοχή να είναι παραστατική και συμπληρωμένη.

Οι δειγματοληπτικές περιοχές επί της εικόνας καθορίζονται με πολύγωνα, τα σύνορα των οποίων περιβάλλουν αμιγή κάλυψη γης. Σκοπός είναι τα πολύγωνα να περιέχουν όσο το δυνατόν πιο ομοιογενή pixel, αποφεύγοντας έτσι να συμπεριλάβουμε pixel που βρίσκονται στα όρια με διαφορετική κάλυψη από αυτή που οριοθετεί το πολύγωνο. Σημαντικό επίσης είναι και το γεγονός της επιλογής των πολυγώνων. Έτσι είναι προτιμότερο να καθοριστούν 20 δειγματοληπτικές περιοχές (πολύγωνα) με 50 pixel η καθεμία παρά μια μεγαλύτερης επιφάνειας (R. Congalton, K. Green 1999).

Κατά τον δειγματοληπτικό έλεγχο, ελέγχεται η φασματική διάκριση των

κατηγοριών κάλυψης γης με την παρουσίαση των φασματικών υπογραφών για κάθε κλάση-κατηγορία. Ο σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι να γίνουν όσο το δυνατόν πιο ομογενείς οι κατηγορίες, απορρίπτοντας ρίχει που εμφανίζουν κοινές φασματικές υπογραφές με άλλες κατηγορίες από αυτή στην οποία περιέχονται. **Ένας άλλος τρόπος ομογενοποίησης των κατηγοριών, είναι η ταξινόμηση των ίδιων των δειγματοληπτικών περιοχών.**

Όσο πιο ομογενής είναι μια δειγματοληπτική περιοχή, τόσο πιο ακριβής θα είναι και η ταξινόμηση. Το πρόβλημα όμως είναι όταν οι φασματικές υπογραφές είναι σχεδόν πανομοιότυπες μεταξύ τους και δεν μπορούν να διαχωριστούν. Σε αυτή την περίπτωση ο μόνος τρόπος επίλυσης του προβλήματος είναι ο επιτόπιος έλεγχος για να καταστεί δυνατός ο διαχωρισμός.

4.6 Δημιουργία των δειγματοληπτικών περιοχών

Η διαδικασία διαμόρφωσης των 150 δειγματοληπτικών περιοχών είναι η εξής: Αρχικά γίνεται ακριβής αριθμητικός προσδιορισμός και ονοματολογία των συγχωνεύσεων των κατηγοριών κάλυψης γης από υπάρχουσες πηγές. Κατόπιν προσδιορίζονται όσες θα περιληφθούν στην ταξινόμηση, στη συνέχεια υπολογίζεται πόσες και ποιες είναι οι σημαντικές κατηγορίες κάλυψης στην περιοχή. Στη παρούσα εργασία ο υπολογισμός έγινε με βάση Δασικό Χάρτη της περιοχής του 1989 της ΕΣΥΕ με κλίμακα 1:200000. Λήφθηκαν υπ' όψη όμως, χωρίς παρ' όλα αυτά να βοηθήσουν επαρκώς και οι κατηγορίες κάλυψης γης που αναφέρονται στο ευρωπαϊκό πρόγραμμα Corine³⁷. Δεν πρέπει στο σημείο αυτό να ξεχάσουμε ότι σημαντικό ρόλο παίζει και το γεγονός των περιοριστικών όρων που θέτουν τα αρχικά δεδομένα και τα όρια των ίδιων των μεθόδων ταξινόμησης που χρησιμοποιούνται.

Λαμβάνοντας υπ' όψη τα παραπάνω, είναι πλέον ασφαλής ο προσδιορισμός των κατηγοριών κάλυψης γης που θα επιλεγούν για την ταξινόμηση. Αυτές είναι οι εξής:

- Κατηγορία Δάσους Ελάτης
- Κατηγορία Δάσους Δρυός

³⁷ Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναφέραμε το λόγο για τον οποίο το αποτέλεσμα χρήσης αυτών των κατηγοριών, δεν είναι το ενδεδειγμένο και έτσι προτιμήθηκε σαν αρχική βάση παρακολούθησης των δεδομένων ο Δασικός Χάρτης της ΕΣΥΕ, του 1989.

- Κατηγορία Χέρσων εκτάσεων και Βοσκοτόπων
- Κατηγορία Καλλιέργειες σε Αναπτυγμένο Φαινολογικό Στάδιο
- Κατηγορία Θερισμένοι Αγροί
- Κατηγορία Οικισμών
- Νεφοκάλυψη

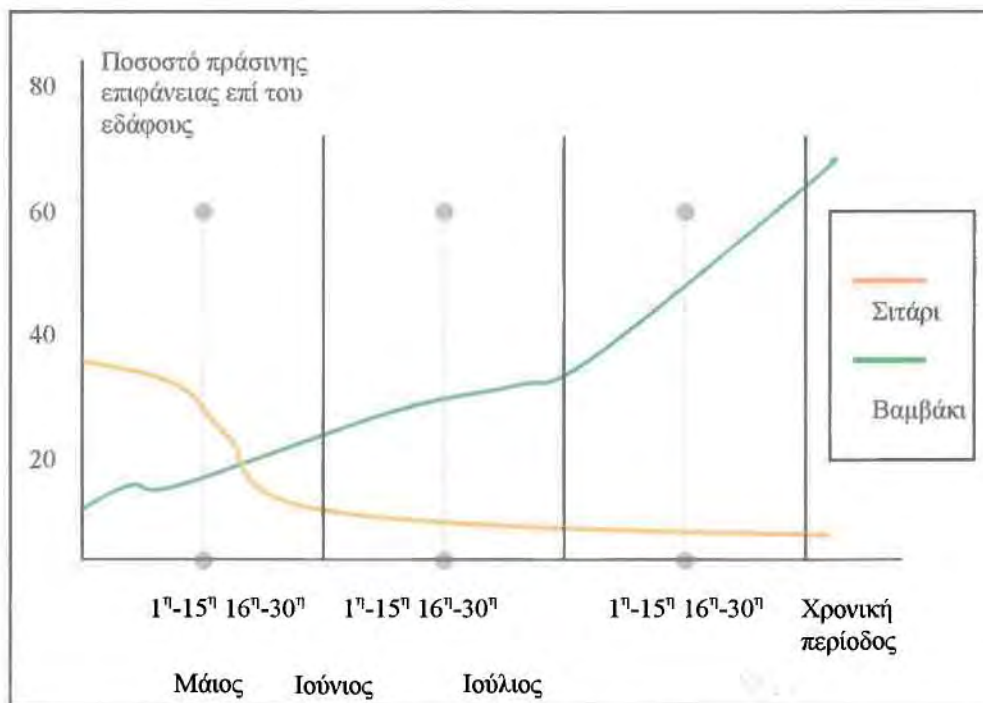
Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ομώνυμες που εμφανίζονται και στο Δασικό Χάρτη της περιοχής, με 4 σημαντικές διαφορές.

Αρχικά όσον αφορά την κατηγορία Δάσος Δρυός, μετά από επιτόπια παρατήρηση, διαπιστώθηκε ότι περιείχε και κάποιες άλλες κατηγορίες δένδρων (εκτός από δρύες), όπως κερασιές, ακακίες, και καστανιές. Ο μικρός αριθμός αυτών δεν ήταν ικανός για τη διαμόρφωση άλλης κατηγορίας και επίσης το ότι οι φασματικές υπογραφές είναι παρόμοιες, συνετέλεσαν στην ομαδοποίηση τους με την κοινή ονομασία.

Η τρίτη κατηγορία (Χέρσες εκτάσεις και Βοσκότοποι) διευρύνθηκε από την ομώνυμη κατηγορία της ΕΣΥΕ, για το λόγο ότι οι φασματικές υπογραφές των βοσκοτόπων και των χέρσων εκτάσεων στην δορυφορική εικόνα σχεδόν συμπίπτουν και ο διαχωρισμός τους πλέον δύσκολος. Στο Δασικό Χάρτη του 1989, παρατηρούμε ότι η κατηγορία βοσκότοποι είναι αρκετά περιορισμένη, γεγονός που δεν ανταποκρίνεται απόλυτα στην πραγματικότητα και σύμφωνα με επί τόπου παρατήρηση, αποφασίστηκε η κατηγορία αυτή να διευρυνθεί χωρικά και να συγχωνευθεί τελικά με την κατηγορία χέρσες εκτάσεις, αφού ακόμα και η λειτουργική χρήση αυτών των δύο στην περιοχή είναι ανάλογη.

Οι κατηγορίες 4 και 5 (Καλλιέργειες), αποτελούν την κατηγορία καλλιεργήσιμες εκτάσεις της ΕΣΥΕ στο Δασικό Χάρτη του 1989. Ο διαχωρισμός τους κρίνεται απαραίτητος λόγω, της διαφοράς των φασματικών υπογραφών ανάμεσα σε καλλιέργειες οι οποίες ακολουθούν διαφορετικό βλαστητικό ημερολόγιο. Έτσι διαφορετική είναι η φασματική υπογραφή επί της εικόνας μιας περιοχής καλυμμένης με σιτάρι και διαφορετική αυτή μιας καλυμμένης από βαμβάκι, σε όλη τη διάρκεια του έτους (Βλέπε εικόνα 4.6). Επιπλέον στη χρονική περίοδο όταν και λήφθηκε η δορυφορική εικόνα που χρησιμοποιήθηκε, τα σιταροχώραφα ήταν θερισμένα και συνεπώς με την έλλειψη χλωροφύλλης που παρουσιάζεται στο σημείο αυτό του βλαστικού τους κύκλου η φασματική τους υπογραφή ήταν ανοιχτόχρωμη, σε

αντίθεση με τα βαμβακοχώραφα τα οποία στην περίοδο κατά την οποία λήφθηκε η δορυφορική εικόνα βρίσκονταν σε πλήρη ανάπτυξη και περιείχαν μεγάλο ποσοστό χλωροφύλλης και άλλων χρωστικών ουσιών. Παράλληλα η φασματική υπογραφή ενός είδους καλλιέργειας εξαρτάται και από τη «σπαργή» των κυττάρων των φυτών αυτής. Δηλαδή τη δομή τους, η οποία καθορίζεται από τα μεσοκυττάρια διαστήματα, τα οποία όταν είναι σε απόσταση μεταξύ τους, ανακλούν περισσότερο φως με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται μικρή απορρόφηση για τις επιφάνειες που αυτά καλύπτουν στο ορατό φάσμα.



Εικόνα 4.6 Βλασθητικό ημερολόγιο της περιοχής μελέτης Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

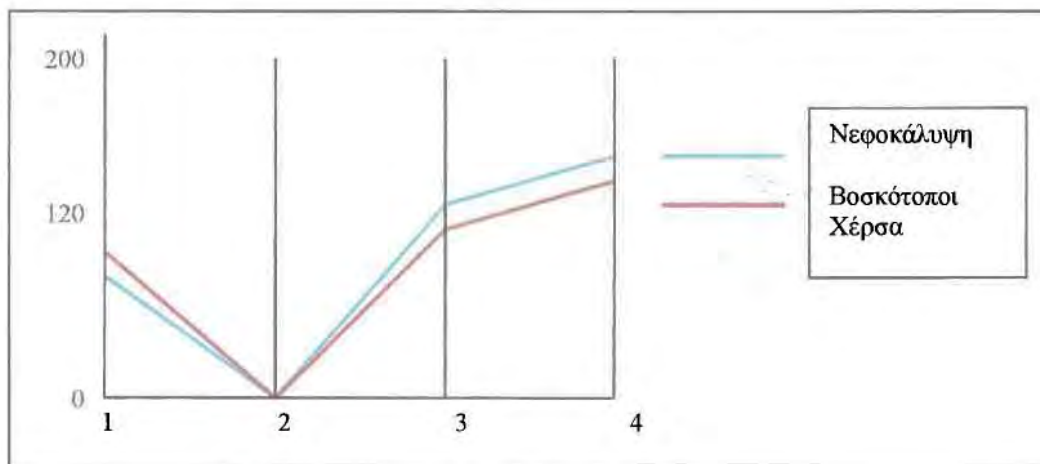
Περνώντας στην κατηγορία των οικισμών, υπήρξε ένα σχετικό πρόβλημα. Οι φασματικές υπογραφές των οικισμών όπως αυτοί διαφαίνονται στη δορυφορική εικόνα είναι παρόμοιες με αυτές των κατηγοριών 4 και 5, καθώς και μέρους της κατηγορίας των βοσκότοπων. Η προσπάθεια να προκύψει η κατηγορία αυτή από τη διαδικασία τη ταξινόμησης δεν είχε ορθό αποτέλεσμα αφού εμφανίστηκαν μετά την ταξινόμηση, μεγάλες εκτάσεις αυτής της κατηγορίας σε όλο την έκταση της περιοχής μελέτης, πράγμα που δεν ανταποκρίνεται καθόλου στην πραγματικότητα³⁸. Επιχειρήθηκε να δοθεί λύση στο πρόβλημα με χρησιμοποίηση εικόνων που

³⁸ Αυτό το λανθασμένο αποτέλεσμα γινόταν εντονότερο και λόγω της μεγάλης συνεφοκάλυψης που παρουσίαζε η εικόνα στα νότια όρια της.

προκύπτουν από το συνδυασμό διαφόρων καναλιών του δορυφόρου, του οποίου η εικόνα χρησιμοποιήθηκε, αλλά το αποτέλεσμα ήταν πάντα παρόμοιο. Για το λόγο αυτό αποφασίσθηκε να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία:

Στην ψευδοχρωματική απεικόνιση της εικόνας του IRS-1C, ψηφιοποιήθηκαν τα όρια των οικισμών με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια και τα πολύγωνα που προέκυψαν, εμφανίζονται σαν ξεχωριστές καλύψεις γης.

Στην περίπτωση της κατηγορίας της νεφοκάλυψης αντιμετωπίστηκε ένα πρόβλημα το οποίο όμως χαρακτηρίζεται αμελητέο. Στα αποτελέσματα της ταξινόμησης εμφανίστηκαν ορισμένες περιοχές σε τμήματα της επιφάνειας της δορυφορικής εικόνας με κατηγορία κάλυψης «νεφοκάλυψη». Κάτι τέτοιο σαφώς δεν είναι λογικό αφού οπτικά διαχωρίζεται στη δορυφορική εικόνα η περιοχή στην οποία παρουσιάζεται νεφοκάλυψη. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ότι οι φασματικές υπογραφές της κατηγορίας νεφοκάλυψης και της κατηγορίας των χέρσων εκτάσεων-βοσκοτόπων είναι παρόμοιες με αποτέλεσμα ο αλγόριθμος στον οποίο βασίζεται η ταξινόμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας να αδυνατεί να διαχωρίσει τις δυο αυτές κατηγορίες. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι φασματικές υπογραφές των δυο αυτών κατηγοριών.



Εικόνα 4.6.2: Οι φασματικές υπογραφές των κατηγοριών καλύψεων γης Νεφοκάλυψη και Βοσκότοποι-Χέρσα. **Πηγή:** Ιδία επεξεργασία

4.7 Εντοπισμός και οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών.

Μετά τον καθορισμό των κατηγοριών κάλυψης γης που θα χρησιμοποιηθούν στην ταξινόμηση, πρέπει να δημιουργηθεί η δειγματοληπτική περιοχή για κάθε

μια από αυτές τις κατηγορίες. Στην παρούσα εργασία, δεν παρουσιάστηκε ιδιαίτερο πρόβλημα όσον αφορά των εντοπισμό και την οριοθέτηση των δειγματοληπτικών περιοχών, επειδή οι καλύψεις που επιλέχθηκαν για την ταξινόμηση είναι ομογενείς και ο διαχωρισμός τους είναι εύκολος, αφού οι εκτάσεις τις οποίες καλύπτουν οι ομογενείς καλύψεις σπάνια διακόπτονται από άλλες παρόμοιες καλύψεις³⁹. Επίσης ο Δασικός Χάρτης που χρησιμοποιήθηκε σαν βοήθημα, είναι ακριβής και ανταποκρίνεται αρκετά στην πραγματικότητα. Το συμπέρασμα αυτό βγήκε μετά από την παρατήρηση της περιοχής καθώς και την εκτεταμένη χρήση GPS. Με τη βοήθεια σχεδιαγραμμάτων για το κάθε σημείο GPS, επήλθε η εικόνα για το πως είναι διαμορφωμένες οι καλύψεις γης της περιοχής

Ένα σημαντικό στοιχείο που επηρεάζει την ακρίβεια της ταξινόμησης είναι και ο χρόνος κατά των οποίου αυτές επιλέχθηκαν σε σχέση με την ημερομηνία που απεικονίζεται στη δορυφορική εικόνα. Στην παρούσα εργασία οι δειγματοληπτικές περιοχές, ελήφθησαν κατά το διάστημα 15-07-2000 και 18-07-2000, ημερομηνία αρκετά κοντινή στο 1998, οπότε και λήφθηκε η εικόνα του IRS-1C, αφού οι διαφορές που δύναται να γίνουν σε ένα τέτοιο διάστημα σε αυτή την περιοχή δεν είναι σημαντικές.

Η πρώτη κατηγορία για την οποία οριοθετήθηκαν δειγματοληπτικές περιοχές είναι η κατηγορία του Δάσους Ελάτης. Το πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε είναι το γεγονός ότι το έδαφος της περιοχής δεν είναι προσβάσιμο για επιτόπιες παρατηρήσεις και αυτό, λόγω των σημαντικών κλίσεων που παρουσιάζονται στην περιοχή. Έτσι λοιπόν ήταν αδύνατο να φτάσουμε στο εσωτερικό της περιοχής που καλύπτεται από έλατα και να ληφθούν εκεί μετρήσεις GPS. Το γεγονός όμως ότι η φασματική υπογραφή του δάσους ελάτων είναι διαφορετική από αυτές των άλλων κατηγοριών και το ότι αυτό ήταν ομογενές έλυσε τον αρχικό προβληματισμό.

Η επόμενη κατηγορία ήταν η κατηγορία του Δάσους Δρυός όπου δεν αντιμετωπίστηκε ιδιαίτερο πρόβλημα λόγω, της διαφοροποίησης της φασματικής υπογραφής της, από αυτές των άλλων καλύψεων. Επαληθευτικά ο Δασικός Χάρτης προσδιόριζε επακριβώς τα όρια αυτής της κάλυψης γης.

³⁹ Με εξαίρεση βέβαια την περίπτωση των οικισμών, όπως αυτή αναφέρθηκε προηγουμένως.

4.8 Τα ασαφή συστήματα

Τα τελευταία χρόνια, στην Τηλεπισκόπηση υπεισέρχονται σε μεγάλο βαθμό θεωρίες των μαθηματικών που αναπτύχθηκαν σχετικά προσφάτως και άλλαξαν σε σημαντικό βαθμό την πάγια αντίληψη, για τις μεθοδολογίες που ακολουθούνται προκειμένου να βγάλουμε ορισμένα θεματικά αποτελέσματα. Η ενότητα που ακολουθεί σκοπό έχει να παρουσιάσει τη σχέση, μεταξύ της Τηλεπισκόπησης και των ασαφών συστημάτων (fuzzy sets).

Το 1965 ο Τσέχος μαθηματικός Zadeh, ανακάλυψε τα ασαφή σύνολα, προσδιορίζοντας τα ως σύνολα, (ή κλάσεις), χωρίς ακριβή όρια, και υπολόγισε ότι η διαδικασία μετάβασης από την εισαγωγή μιας περιοχής σε κάποιο σύνολο(ή κλάση) στην μη εισαγωγή της σε αυτό είναι βαθμιαία. Ένα ασαφές σύστημα, χαρακτηρίζεται, από μια συνάρτηση συσχέτισης⁴⁰ (που καλείται επίσης πιθανότητα) και ο οποίος κυμαίνεται από 0.0 ως 1.0, δείχνοντας βαθμιαία, συνεχή ποσοτική αύξηση της παραπάνω τιμής από την πλήρη μη εισαγωγή της ομάδας (0.0) στην πλήρη εισαγωγή (1.0) αυτής στην κλάση⁴¹. Αναλυτικά κάθε σημείο μιας ομάδας X, περιέχεται σε οποιαδήποτε κλάση A από το να μην ανήκει με τιμή 0.0 έως το να ανήκει πλήρως με τιμή 1.0⁴². Σκοπός της θεωρίας αυτής είναι να αναλύσει ποσοτικά πολύπλοκα συστήματα τα οποία χαρακτηρίζονται από, ανακρίβεια και ασάφεια. Η εφαρμογή αυτής της θεωρίας, εφαρμόζεται στην ανάλυση των ψηφιακών δεδομένων, και συγκεκριμένα στις ταξινομήσεις αυτών.

Συγκεκριμένα, ας υποθέσουμε ότι ένα χώρο X σαν ένα σύνολο από pixel μιας εικόνας και A μια κατηγορία κάλυψης, της οποίας τα όρια και τα pixel της είναι μικτά και μπερδεμένα. Τότε το αποτέλεσμα μιας Fuzzy ταξινόμησης για την εικόνα αυτή θα μας δώσει, τόσες εικόνες όσες και οι απαιτούμενες κατηγορίες. Κάθε νέα εικόνα θα χαρακτηρίζει όλα τα pixel της αρχικής από το βαθμό συσχέτισης τους στη συγκεκριμένη κατηγορία, ο οποίος ποικίλει από 0.0 έως 1.0. Στην κατηγορία των μη επιβλεπόμενων ταξινομήσεων (Βλ. προηγούμενο κεφάλαιο), ο Bezdek (1984) πρότεινε έναν αυτοματοποιημένο αλγόριθμο μέσω της γλώσσας προγραμματισμού

⁴⁰ Membership function

⁴¹ Idrisi for windows, User's guide, V.2 p.9-33



FORTTRAN, για την εφαρμογή της fuzzy ταξινόμησης. Στην περίπτωση όμως των επιβλεπόμενων ταξινομήσεων, υπάρχει το πρόβλημα της διαφοροποίησης της ασαφούς ταξινόμησης από τις κλασσικές μεθόδους ταξινόμησης, που εξετάζεται σε τρία επίπεδα (K. Perakis, I. Manakos, N. Silleos 19980):

- στο επίπεδο του αλγορίθμου της ταξινόμησης
- στο επίπεδο της εκτίμησης των στατιστικών παραμέτρων, που συνυπολογίζονται στον αλγόριθμο και υπολογίζονται από τα πραγματικά δεδομένα
- στο επίπεδο των μικτών pixels

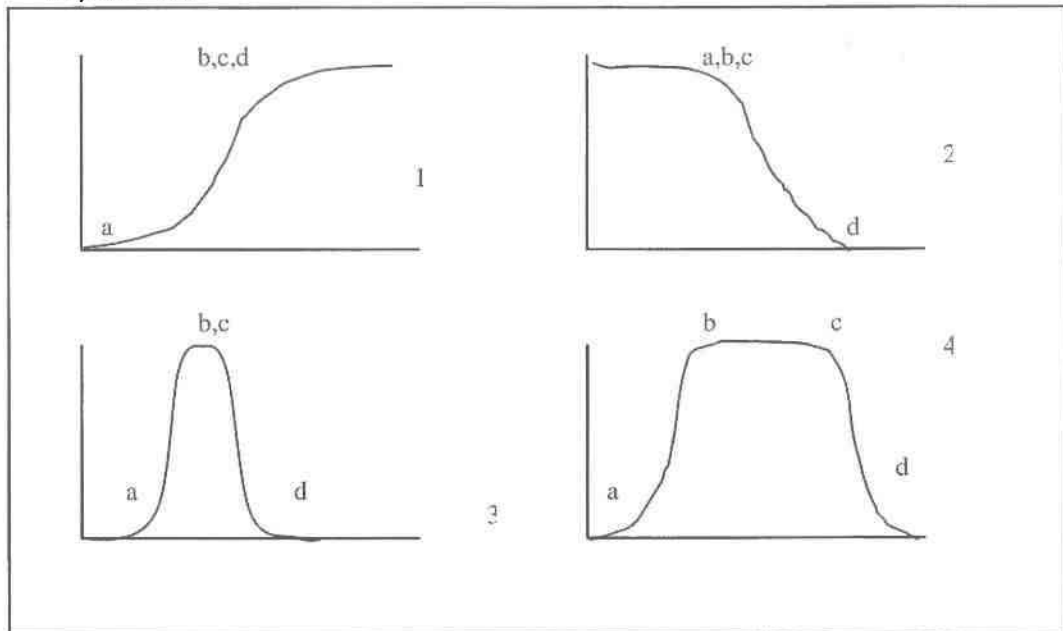
Η θεωρία των ασαφών συστημάτων, παρέχει μια συμπαγή βάση στην προσπάθεια αντίληψης διαφόρων προβλημάτων που αντιμετωπίζουμε κατά τη διάρκεια λήψης μιας απόφασης. Στο λογισμικό⁴⁵ που χρησιμοποιήθηκε κατά της εκπόνηση της εργασίας, 4 είναι οι συνήθεις συναρτήσεις (μοντέλα) παρουσίασης του βαθμού συσχέτισης (όπως αυτός αναφέρθηκε παραπάνω), πιο αναλυτικά:

- **Σιγμοειδείς (sigmoidal):** Η πιο κοινά χρησιμοποιούμενη συνάρτηση από τις τέσσερις, απαιτεί 4 σημεία πάνω στον άξονα x , που προσδιορίζουν και το σχήμα της καμπύλης (βλ. σχήμα). Αυτά απεικονίζουν τη σημεία της γραμμικής κλίσης, σε κάθε σημείο από το 0.0 έως το 1.0 για το οποία αλλάξει ο βαθμός συσχέτισης. Στο Σχήμα δεξιά κάτω (4), και τα τέσσερα γραμμικά σημεία είναι διαχωρισμένα πλήρως μεταξύ τους, ενώ οι μορφές που δύναται να πάρει το μοντέλο φαίνονται στο ίδιο σχήμα. Στις περιπτώσεις των επάνω δυο διαγραμμάτων (1) και (2), φαίνεται μια άνοδος και πτώση του βαθμού από 0.0 σε 1.0 ή και αντίστροφα.

⁴² Ο βαθμός 1.0 υποδεικνύει πλήρη ταύτιση της τιμής με την κατηγορία(κλάση) και ο βαθμός 0.0 το αντίθετο.

⁴³ Η διαδικασία που περιγράφεται γίνεται αυτόματα από το ίδιο το λογισμικό, αλλά κρίνεται απαραίτητο να παρατεθεί ο τρόπος με τον οποίο αυτή λειτουργεί

- **Μορφή J (J-shaped) :** Αυτό το μοντέλο είναι ανάλογο του σιγμοειδούς με τη διαφορά ότι ο βαθμός συσχέτισης δεν φτάνει απόλυτα στο 0.0 και 1.0 αλλά το πλησιάζει απείρως. Τα σημεία δηλαδή a και d, πλησιάζουν μάλλον το 0.5 παρά το 0.0.



Σχήμα 4.8 :Σιγμοειδής μοντέλο Πηγή: Idrisi for windows, User's guide,V.2 p.9-34

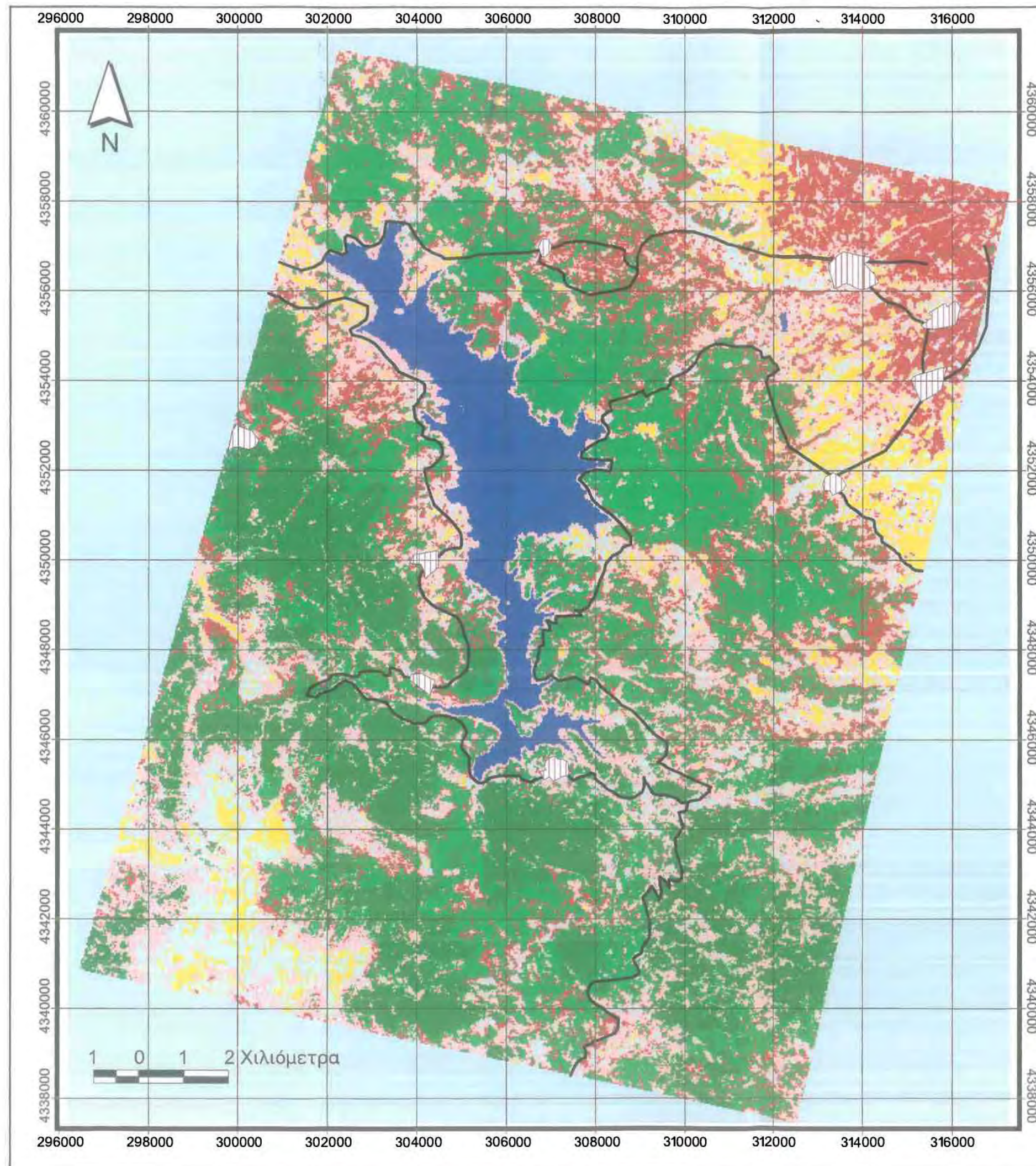
- **Γραμμικό (Linear):** Αυτό το μοντέλο, χρησιμοποιείται περισσότερο στην κατασκευή fuzzy συσκευών, λόγω της απλότητας του και της ανάγκης σε αυτές τις περιπτώσεις παρακολούθησης, των ροών του ρεύματος από γραμμικούς συσσωρευτές.
- **Προσδιορισμένο από το χρήστη (user defined):** Όταν δεν αρκούμαστε στα παραπάνω τρία μοντέλα και ο βαθμός συσχέτισης που αυτά χρησιμοποιούν δεν μας καλύπτει τότε, επιλέγουμε εμείς το εύρος του. Τα σημεία που πριν ήταν 4 τώρα μπορούν να είναι απεριόριστα ώστε εμείς να προσδιορίσουμε τη μορφή της καμπύλης που επιθυμούμε και συνεπώς το βαθμό.

4.9 Η ασαφής ταξινόμηση στην παρούσα εργασία

Σε πρώτο στάδιο, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η εικόνα του δορυφόρου IRS-1C της περιοχής μελέτης ταξινομήθηκε σε καλύψεις γης, με βάση την ταξινόμηση μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood). Στη συνέχεια

με τη βοήθεια του λογισμικού Erdas της Imagine, έγινε προσπάθεια να προσεγγιστεί μια άλλη διάσταση στις ταξινομήσεις, πραγματοποιώντας μια ασαφή ταξινόμηση για την ήδη υπάρχουσα (αποτέλεσμα των διαδικασιών που περιγράφονται σε προηγούμενο κεφάλαιο). Ο λόγος για τον οποίο χαρακτηρίστηκε αναγκαία η ασαφής ταξινόμηση είναι ότι ο χωρικός διαχωρισμός μερικών καλύψεων γης δεν είναι αρκετά βέβαιος και ασφαλής. Η διαδικασία που εφαρμόστηκε αυτοματοποιημένα από το λογισμικό είναι σε γενικές γραμμές:

- Αρχικά επιλέγουμε σαν αλγόριθμο ταξινόμησης η ασαφής ταξινόμηση (fuzzy convolution), κατόπιν επιλέγουμε την εικόνα της ταξινόμησης που επιθυμούμε να «επαναταξινομήσουμε» με τον παραπάνω αλγόριθμο, αναφέροντας και την εικόνα από την οποία προήρθε η αρχική μας ταξινόμηση. Η προσαρμογή του αλγορίθμου της ταξινόμησης συνεχίζεται επιλέγοντας τον τρόπο με τον οποίο προτιμούμε να γίνει η ταξινόμηση μας. Έτσι στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η απόσταση ως κριτήριο βαρύτητας για την ταξινόμηση των pixel της εικόνας. Δημιουργήσαμε με τον τρόπο αυτό ένα «φίλτρο», έναν τετραγωνικό πίνακα 3x3 του οποίου τα κελιά περιέχουν τις τιμές 9 γειτονικών pixel κάθε φορά. Ο πίνακας κατά την διάρκεια της ταξινόμησης, «σαρώνει» την επιφάνεια της εικόνας και υπολογίζει τις τιμές των pixel σε συνδυασμό πάντα με τις τιμές των γειτονικών. Κατόπιν βάσει των μοντέλων που περιγράψαμε προηγουμένως (προκειμένη περίπτωση σιγμοειδής), δημιουργεί την εικόνα της νέας ταξινόμησης, η οποία αποτελείται από τόσα στρώματα (layers) όσα και οι κατηγορίες (κλάσεις) που επιλέγηκαν μέσω της διαδικασίας.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας
& Περιφερειακής Ανάπτυξης

Επεξεργασία Χαρτών:
 Εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης
 και Θεματικής Χαρτογραφίας

Διπλωματική Εργασία :

Επεξεργασία Δορυφορικών Εικόνων
 IRS-1C LISS στην περιοχή
 της λίμνης Ταυρωπού του Ν. Καρδίτσας
 Σύνδεση με το Ερευνητικό Πρόγραμμα
 LIFENAT/GR/006480

Τσιότρας
 Βασίλης

Χάρτης 4

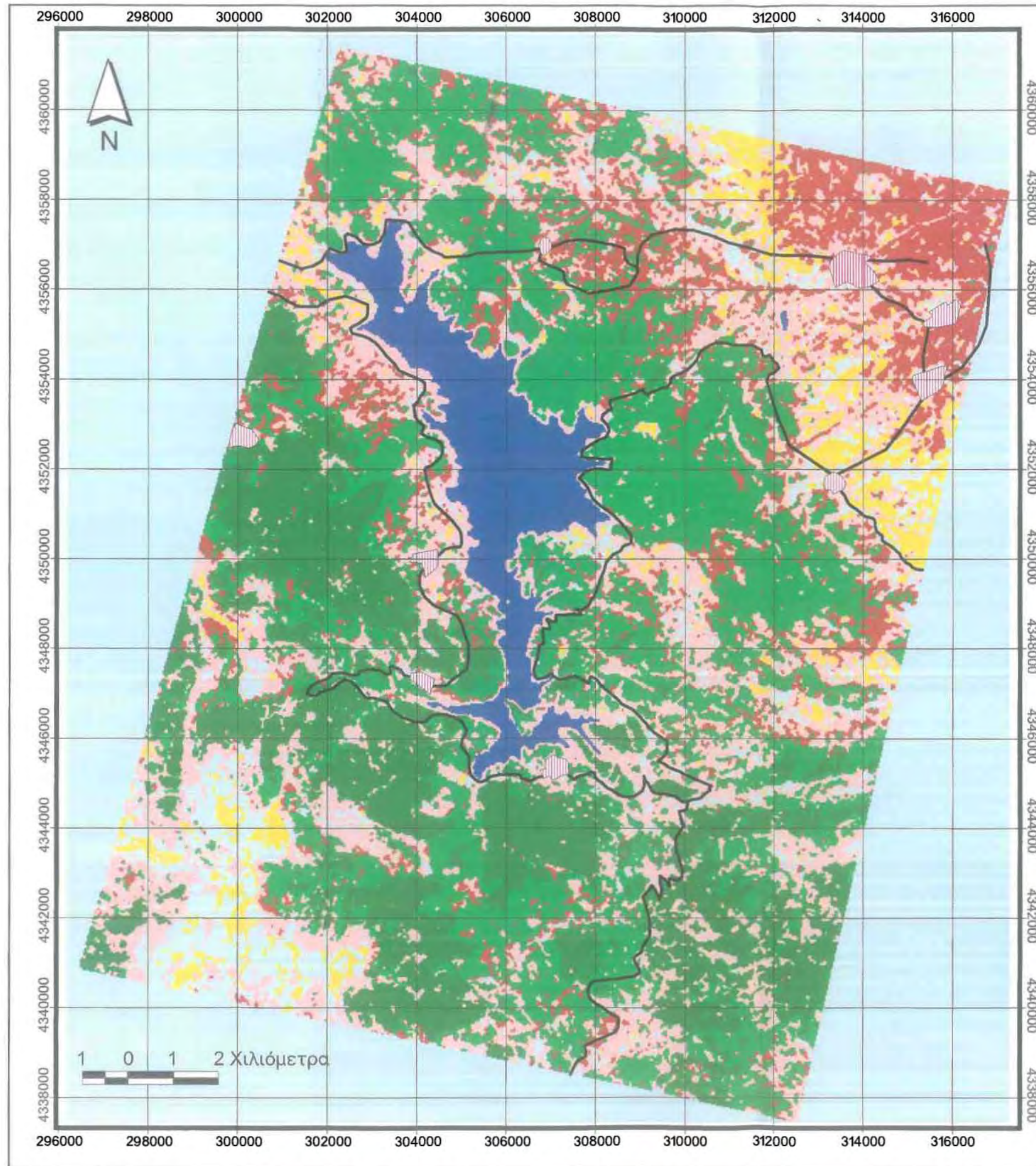
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Ταξινόμηση Μέγιστης Πιθανοφάνειας
 (Maximum Likelihood) δορυφορική
 εικόνα IRS-1C, Αύγουστος 1998

-  Οδικό Δίκτυο
-  Οικισμοί
-  Δάσος Δρυός
-  Δάσος Ελάτης
-  Βοσκότοποι Χέρσα
-  Θερσιμένοι Αγροι
-  Καλλιέργειες
σε αναπτυγμένο
φαινολογικό στάδιο
-  Νεφοκάλυψη



Βόλος Σεπτέμβριος 2000



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας
& Περιφερειακής Ανάπτυξης

Επεξεργασία Χαρτών:
 Εργαστήριο Χωρικής Ανάλυσης
 και Θεματικής Χαρτογραφίας

Διπλωματική Εργασία :

Επεξεργασία Δορυφορικών Εικόνων
 IRS-1C LISS στην περιοχή
 της λίμνης Ταυρωπού του Ν. Καρδίτσας
 Σύνδεση με το Ερευνητικό Πρόγραμμα
 LIFENAT/GR/006480

Τσιότρας
 Βασίλης

Χάρτης 5

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Ασαφής Ταξινόμηση
(FUZZY CLASSIFICATION)
 δορυφορική εικόνα IRS-1C, Αύγουστος 1998



Οδικό Δίκτυο



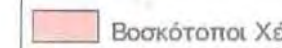
Οικισμοί



Δάσος Δρυός



Δάσος Ελάτης



Βοσκότοποι Χέρσα



Θερισμένοι Αγροί



Καλλιέργειες
 σε αναπτυγμένο
 φαινολογικό στάδιο



Νεφοκάλυψη



Βόλος Σεπτέμβριος 2000

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 50

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα επιχειρηθεί μια προσέγγιση στο θέμα του υπολογισμού ακρίβειας των ταξινομήσεων, που ουσιαστικά αποτελεί και το σημαντικότερο τμήμα της παρούσας εργασίας. Αρχικά το πρώτο τμήμα του κεφαλαίου, πραγματεύεται τη θεωρία του υπολογισμού ακρίβειας των ταξινομήσεων (Accuracy assessment) και ακολούθως μέσα από την παρουσίαση των τεχνικών (πίνακες σφαλμάτων), επιτυγχάνεται ο υπολογισμός της ακρίβειας των ταξινομήσεων που εφαρμόστηκαν σε προηγούμενο στάδιο.

5.2 Η αναγκαιότητα του υπολογισμού ακρίβειας ταξινομήσεων

Είναι πολλοί οι λόγοι που μας οδηγούν στη διαδικασία του **υπολογισμού ακρίβειας των ταξινομήσεων**. Κατά τους Russel G. Congalton, Kass Green, ο σημαντικότερος λόγος έγκειται στη **χρήση** του προϊόντος που κατασκευάσαμε. Έτσι αν τα δεδομένα που προκύπτουν χρησιμοποιούνται σαν βοηθητικά μέσα για το σχεδιασμό και την εφαρμογή πολιτικών και σχεδίων από τρίτους, τότε είναι σημαντικό να γνωρίζουμε εξ' αρχής την ακρίβεια τους. Σε συνδυασμό με τα παραπάνω οφείλουμε να **βελτιώσουμε την ποιότητα του χάρτη**, προσδιορίζοντας και διορθώνοντας τα λάθη που παρουσιάστηκαν επίσης λόγοι αναφοράς είναι η **περιέργεια** και η **επιθυμία** να μάθουμε πόσο σωστό είναι αυτό που κάναμε.

Ο υπολογισμός ακρίβειας των ταξινομήσεων ουσιαστικά προσδιορίζει την **ποιότητα** της **πληροφορίας** που αποκτάται επεξεργαζόμενοι ψηφιακά δεδομένα. Η διαδικασία η οποία ακολουθείται δύναται να είναι **ποιοτική ή ποσοτική, ακριβή ή φθηνή, γρήγορη ή αργή, επαρκής ή τυχαία**. Ο σκοπός της **ποσοτικής διαδικασίας** είναι ο προσδιορισμός και η μέτρηση των λαθών που παρουσιάζει ο χάρτης μας, το προϊόν μας. Ο ποσοτικός υπολογισμός της ακρίβειας των ταξινομήσεων περιλαμβάνει τη σύγκριση των χαρακτηριστικών ενός χάρτη με τις σχετικές πληροφορίες που συλλέγονται για την ίδια περιοχή ποικιλοτρόπως και θεωρούνται ως σωστές, ενώ παράλληλα απαιτεί το σχεδιασμό αμερόληπτων και σταθερών δειγματοληπτικών διαδικασιών ελέγχου σε συνδυασμό με αυστηρές αναλύσεις των δειγμάτων

(Russel G. Congalton, Kass Green).

Σήμερα κατά τους Lillesand και Kiefer είναι πολύ δύσκολο να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα μιας ταξινόμησης με μεθόδους υπολογισμού ακρίβειας ταξινομήσεων, αφού το πρόβλημα έγκειται στο **τεράστιο κόστος** που απαιτούν οι υπάρχουσες τεχνικές.

5.3 Ιστορική αναδρομή

Η ιστορία του υπολογισμού ακρίβειας των δορυφορικών δεδομένων είναι σχετικά μικρή (Russel Congalton & Kass Green). Οι ερευνητές Hord και Brooner(1976), van Genderen και Lock(1977), πρότειναν κάποια κριτήρια και τεχνικές για τον έλεγχο της ακρίβειας των χαρτών. Τη δεκαετία του 1980 οι μελέτες απέκτησαν περισσότερο βάθος και προτάθηκαν νέες τεχνικές από τους Rosenfield(1982) και Congalton(1983). Από το διάστημα αυτό μέχρι και σήμερα έχει επιτελεστεί μεγάλο έργο στον τομέα του υπολογισμού ακρίβειας των δορυφορικών δεδομένων. Η ιστορία του υπολογισμού ακρίβειας μπορεί να διαιρεθεί σε τέσσερις περιόδους (Kass Green 1999) :

- Η πρώτη περίοδος αφορά στον υπολογισμό ακρίβειας ο οποίος δεν ήταν ουσιαστικός αλλά περισσότερο εφαρμοζόταν η λογική του «δείχνει σωστό».
- Η δεύτερη περίοδος λεγόταν η “εποχή του μη χωρικού ειδικού Υπολογισμού ακρίβειας”. Τα στοιχεία συγκρίνονταν με εκτιμήσεις για το χώρο, αφορούσαν τα δεδομένα και δεν εισερχόταν ο χωρικός παράγοντας.
- Η τρίτη περίοδος αφορά στις εκτιμήσεις που λαμβάνουν υπ’ όψη το χώρο. Πραγματικά στοιχεία του χώρου συγκρινόταν με τα στοιχεία του χάρτη και παρουσιαζόταν ένα συνολικό ποσοστό ακρίβειας.
- Τέλος η τέταρτη εποχή, είναι η τρέχουσα, όπου ο υπολογισμός ακρίβειας γίνεται κατά κόρον με τη χρήση του πίνακα σφάλματος (error matrix), για το οποίο θα αναφερθούμε αναλυτικά παρακάτω.

5.4 Τα βασικά βήματα.

Όλες οι τεχνικές υπολογισμού ακρίβειας ταξινομήσεων, περιέχουν **τέσσερα βασικά βήματα**:

- Σχεδιασμός του δείγματος
- Συλλογή δεδομένων για κάθε δείγμα
- Δημιουργία και έλεγχος του error matrix
- Ανάλυση των αποτελεσμάτων

Κάθε βήμα σχεδιάζεται και εφαρμόζεται αυστηρά. Αρχικά επιλέγονται οι δειγματοληπτικές περιοχές πάνω στο χάρτη και συλλέγεται η πληροφορία από το χάρτη και τα διαθέσιμα δεδομένα. Στη συνέχεια συγκρίνονται οι τιμές του χάρτη και των δεδομένων πάνω στο error matrix. Στο τελικό στάδιο τα αποτελέσματα που αποκομίζουμε, αναλύονται με βάση τη στατιστική τους σημασία και τη λογική.

Ένα σημαντικό ερώτημα είναι ποιά είναι η κατάλληλη μονάδα δείγματος (sample unit). Η μονάδα δείγματος αφορά στα κομμάτια του χάρτη του οποίου την ακρίβεια καλούμαστε να υπολογίσουμε. Κατά τους Congalton και Green υπάρχουν τέσσερις επιλογές:

- Ένα μόνο pixel
- Ένα σύνολο (cluster) από pixels το οποίο συνήθως είναι ένα τετράγωνο 3x3
- Ένα πολύγωνο
- Ένα σύνολο (cluster) από πολύγωνα

Ασχέτως της μονάδας δείγματος, τα δεδομένα πρέπει να συλλεχθούν με την μικρότερη μονάδα του χάρτη, όπως αυτή ορίστηκε όταν δημιουργήθηκε ο χάρτης από τα δορυφορικά δεδομένα. Για παράδειγμα δεν είναι δυνατόν να μετρήσουμε την ακρίβεια ενός χάρτη με δορυφορική εικόνα του Landsat και pixel 28m x 28m, με ένα cluster από pixels 10m x 10m.

Οι ερευνητές υποστηρίζουν ότι το pixel σαν μονάδα δείγματος δεν είναι η καλύτερη επιλογή. Σε αυτές τις περιπτώσεις χαρτών που κατασκευάζονται από αεροφωτογραφίες, οι οποίες δεν είναι σε pixel, έχουμε εξ' ορισμού ανικανότητα στην εφαρμογή της μεθόδου. Επίσης πριν την ανακάλυψη των νέων μεθόδων γεωγραφικής αναφοράς ήταν αδύνατο να εφαρμόσουμε ακριβώς ένα pixel ακριβώς στην

περιοχή που αυτό ανήκει (reference data). Δεν ήταν δηλαδή σίγουρο και ασφαλές το συμπέρασμα ότι εντοπίζουμε το ίδιο pixel στην εικόνα και σε ένα συμβατικό χάρτη που απεικονίζει την ίδια περιοχή, των οποίων χρησιμοποιούμε σαν reference data. Βέβαια αυτό το επιχείρημα έχει πλέον εγκαταλειφθεί λόγω των δυνατοτήτων που προσφέρουν πλέον τα GPS.

Συμπερασματικά λοιπόν η ασφαλέστερη μονάδα δείγματος για την διαδικασία υπολογισμού ακρίβειας των χαρτών, είναι το cluster των pixels. Αυτός ο τρόπος μειώνει τις πιθανότητες εμφάνισης των παραπάνω προβλημάτων, αφού είναι μεγαλύτερο από ένα pixel και πλέον ασφαλέστερος ο προσδιορισμός του πάνω στα reference data. Η μονάδα δείγματος υπαγορεύει ουσιαστικά το αποτέλεσμα της διαδικασίας του υπολογισμού ακρίβειας. Αντίθετα σε μερικές συγκεκριμένες περιπτώσεις⁴⁴ είναι ασφαλέστερο για τη διαδικασία, η μονάδα δείγματος να είναι πολύγωνο ή cluster πολυγώνων.

Σημαντικό είναι επίσης το πλήθος των δειγμάτων να επιλέγονται. **Η διαδικασία απαιτεί έναν επαρκή αριθμό δειγμάτων ώστε η ανάλυση να είναι στατιστικά έγκυρη.** Κατά τους Hord, Van Genderen και Congalton (Congalton 1998) πρέπει να διατηρηθεί μια ισορροπία μεταξύ του στατιστικού μεγέθους του δείγματος και του τι είναι πρακτικά εφικτό. Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο γενικός κανόνας είναι να συλλέγουμε 50 δείγματα από κάθε κατηγορία κάλυψης γης για τον πίνακα σφάλματος. Άλλοι πάλι πιστεύουν ότι η πρόοδος της τεχνολογίας αντιπαρέρχεται αυτό το συλλογισμό. Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι ο αριθμός των δειγμάτων αφορά αυστηρά το κάθε project και η επιλογή έγκειται καθαρά στο χρήστη.

5.5 Βασικές τεχνικές ανάλυσης

5.5.1 Μη χωρικοί ειδικοί υπολογισμοί

Σε αυτού του είδους τις τεχνικές υπολογισμού ακρίβειας, μόνο συνολικές περιοχές κάθε κατηγορίας που εμφανίζεται στο χάρτη, λαμβάνονται υπ' όψη χωρίς να δίνεται η χωρική κατανομή αυτών στην συνολική περιοχή. Δηλαδή η σύγκριση και ο υπολογισμός της ακρίβειας γίνεται για πολύ μεγάλες εκτάσεις κάθε κατηγορίας

κάλυψης γης. Η πιθανότητα λάθους εδώ είναι μεγάλη αφού δεν υπάρχει εκτίμηση για το πόσο τα δορυφορικά δεδομένα ανταποκρίνονται στα πραγματικά δεδομένα.

5.5.2 Χωρικοί υπολογισμοί

Δεδομένης της περιορισμένης ακρίβειας που έδιναν οι παραπάνω υπολογισμοί, η ανάγκη να συνδεθούν τα δορυφορικά δεδομένα με τα πραγματικά ήταν ορατή. Για το λόγο αυτό μελετητές και ερευνητές ανέπτυξαν τους χωρικούς υπολογισμούς (Congalton, Green). Αυτοί οι μηχανισμοί στηρίζονται στη σύγκριση περιοχών που εμφανίζονται στα δεδομένα των δορυφόρων με αντίστοιχες περιοχές οι οποίες εμφανίζονται στα πραγματικά δεδομένα του εδάφους, που συλλέγονται με συμβατικούς τρόπους. Η μελέτη των περιπτώσεων που αυτές οι περιοχές ταυτιζόταν, έδινε και την ακρίβεια τους. Ένα ποσοστό της τάξης του 85%, είναι ευρέως αποδεκτό σαν το όριο πάνω από το οποίο μας ικανοποιεί η ακρίβεια του χάρτη και κάτω από αυτό όχι. Βέβαια σε πολλές περιπτώσεις το ποσοστό του 85% είναι παραπάνω από αρκετό, ενώ σε άλλες δεν επαρκεί. Μετά τον υπολογισμό της συνολικής ακρίβειας, αναγνωρίστηκε η ανάγκη υπολογισμού ακρίβειας για κάθε μια συγκεκριμένη κατηγορία που εμφανίζεται στην ταξινόμηση και τότε έγινε η εμφάνιση του πίνακα σφάλματος, (error matrix).

5.6 Ο πίνακας σφάλματος (error matrix)

Ένα από τα πιο γνωστά και αποτελεσματικά εργαλεία υπολογισμού ακρίβειας ταξινομήσεων είναι ο **πίνακας σφάλματος**, το **error matrix**⁴⁵. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ακόλουθη:

Σύγκριση των χωρικών μονάδων που συμπίπτουν ανά κατηγορία στην πραγματικότητα και στην ταξινόμηση. (Lillesand, Kiefer).

Το error matrix είναι ένας πίνακας του οποίου οι στήλες και οι γραμμές, είναι ίσες σε αριθμό με τις κατηγορίες που προκύπτουν από την ταξινόμηση και των οποίων την ακρίβεια θέλουμε να υπολογίσουμε. Πιο αναλυτικά, ένας πίνακας error

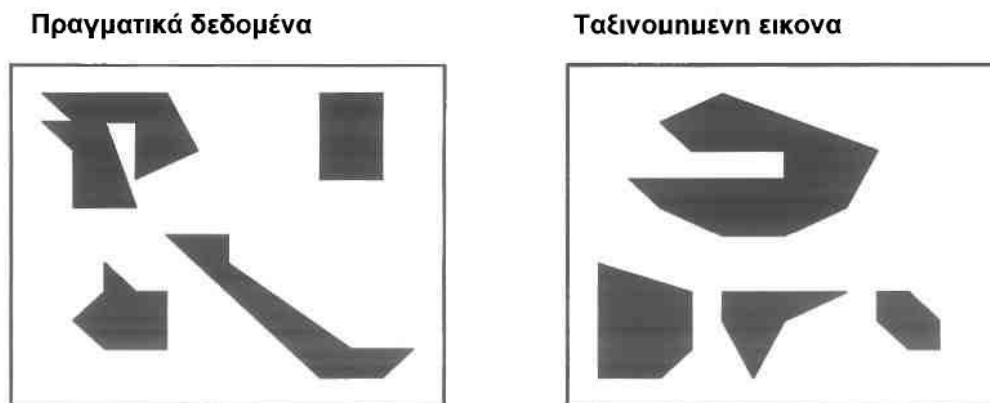
⁴⁴ Όπως για παράδειγμα στην περίπτωση που πρέπει να κατασκευάσουμε ένα χάρτη πολυγώνων που να απεικονίζει τη διαχείριση ενός οικοσυστήματος .

⁴⁵ Μερικές φορές συναντάται στη βιβλιογραφία και ως confusion matrix, ή ως contingency table

matrix χωρίζεται σε στήλες και γραμμές που περιέχουν τον αριθμό των μονάδων (pixel), που ανήκουν σε μια ταξινομημένη συγκεκριμένη κατηγορία, σε σχέση με το αριθμό των ίδιων μονάδων που ανήκουν σε μια συγκεκριμένη κατηγορία μιας άλλης ταξινόμησης που αντικατοπτρίζει τα πραγματικά δεδομένα. Πάντα θεωρούμε ότι η δεύτερη αυτή ταξινόμηση είναι και η σωστή και μπορεί να έχει πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια αεροφωτογραφιών, video, παρατήρηση πεδίου και άλλες μεθόδους. Οι στήλες συνήθως αναφέρονται σε αυτά τα πραγματικά δεδομένα ενώ οι γραμμές στα αποτελέσματα της δικιάς μας ταξινόμησης.

Στο error matrix κάθε κατηγορία περιγράφεται με βάση τα λάθη συνυπολογισμού (inclusion-commission errors) και τα λάθη αποκλεισμού (exclusion-

Εικόνα 5.5 Συσχέτιση πραγματικών δεδομένων και ταξινομημένης εικόνας,



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

omission errors). Το λάθος συνυπολογισμού παρατηρείται όταν μια περιοχή που περιλαμβάνεται σε μια κατηγορία σύμφωνα με την ταξινόμηση, δεν ανήκει πραγματικά σε αυτή την κατηγορία και τα λάθη αποκλεισμού όταν μια περιοχή δεν περιλαμβάνεται σε μια κατηγορία, αλλά ανήκει πραγματικά σε αυτή την κατηγορία. Κάθε λάθος είναι αποκλεισμός από μια σωστή κατηγορία, ή συνυπολογισμός σε μια λάθος κατηγορία (Russel G. Congalton, Kass Green).

Η συνολική ακρίβεια της ταξινόμησης είναι το άθροισμα της κύριας διαγωνίου⁴⁶, δια του αριθμού των μονάδων δειγμάτων ολόκληρου του πίνακα σφάλματος.

⁴⁶ Οι μονάδες του δείγματος που ταξινομήθηκαν σωστά

5.7 Μαθηματική αναπαράσταση του πίνακα σφάλματος

Στη παράγραφο αυτή αναλύεται μαθηματικά το error matrix προκειμένου να γίνει πιο κατανοητή η λειτουργία του.

Ας υποθέσουμε ότι n δείγματα κατανέμονται σε k^2 κελιά, στα οποία κάθε δείγμα ανήκει (1) σε κάθε μια από τις k κατηγορίες της ταξινόμησης που εφαρμόστηκε και (2) σε μια από τις k κατηγορίες της ταξινόμησης των πραγματικών δεδομένων. Έστω n_{ij} ο αριθμός των ταξινομημένων δειγμάτων σε μια κατηγορία ($i=1,2,3,\dots,k$ για τη δική μας ταξινόμηση και $j=1,2,3,\dots,k$ για την ταξινόμηση των πραγματικών δεδομένων, βλέπε πίνακα)

Πίνακας 5.6 Μαθηματικό παράδειγμα ενός error matrix

		j=στηλές			Column margin total
		n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}
	i=γραμμές	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}
		n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	n_{k+}
	Line margin total	n_{+1}	n_{+2}	n_{+k}	n

Πηγή: ίδια επεξεργασία

Έστω
$$n_{i+} = \sum_{j=1}^k n_{ij}$$

ο αριθμός των δειγμάτων στην κατηγορία i

και
$$n_{+j} = \sum_{i=1}^k n_{ij}$$

ο αριθμός των δειγμάτων στην κατηγορία j
τότε η ακρίβεια της ταξινόμησης υπολογίζεται ως εξής:

ακρίβεια ταξινόμησης
$$P = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \quad (1)$$

όπου
$$n = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k n_{ij}$$

Αυτή είναι και η ακρίβεια της ταξινόμησης όπως δίνεται στη σχέση (1).

5.8 Συμπληρωματικές τεχνικές ανάλυσης

Όταν υπολογιστεί ο πίνακας σφάλματος και παρουσιαστεί με μαθηματικούς όρους, τότε μπορούμε να προχωρήσουμε με ασφάλεια σε συμπληρωματικές τεχνικές ανάλυσης οι οποίες όμως από μόνες τους χωρίς τη χρήση του πίνακα σφάλματος δεν είναι ικανές για τον υπολογισμό ακρίβειας.

5.8.1 Ο δείκτης K (Kappa)

Η K (Kappa) ανάλυση είναι μια πολυμεταβλητή τεχνική, η οποία χρησιμοποιείται προκειμένου να διαχωρίσει στατιστικά αν ένας πίνακας σφάλματος διαφέρει από έναν άλλο (Congalton 1983). Το αποτέλεσμα της ανάλυσης K λέγεται KHAT, το οποίο είναι ένα άλλο μέσο μέτρησης της ακρίβειας. Η μέτρηση της

ακρίβειας με αυτή την τεχνική βασίζεται στη διαφορά μεταξύ της συμφωνίας, των δορυφορικών δεδομένων και των πραγματικών δεδομένων, και την πιθανότητα συμφωνίας η οποία εμφανίζεται από τα κάθετα και οριζόντια σύνολα του error matrix.

Παρά το γεγονός ότι αυτή η μορφή ανάλυσης χρησιμοποιούνταν ευρέως στους τομείς της κοινωνιολογίας και της ψυχολογίας, μόλις το 1981 (Green) χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην Τηλεπισκόπηση από τον Congalton. Η χρήση της ανάλυσης K προσδίδει ασφαλή συμπεράσματα και πλέον είναι αναπόσπαστο κομμάτι σχεδόν κάθε διαδικασίας υπολογισμού ακρίβειας.

Η τιμή KHAT υπολογίζεται για κάθε πίνακα σφάλματος και είναι ουσιαστικά ο δείκτης της επιτυχίας της μεθόδου που χρησιμοποιήσαμε αφού δείχνει τη σχέση ανάμεσα στα ψηφιακά μας δεδομένα και τα πραγματικά μας δεδομένα.

Τέλος υπάρχει μια διαδικασία στατιστικού ελέγχου με την οποία μπορούμε να εκτιμήσουμε αν δυο πίνακες σφάλματος είναι διαφορετικοί μεταξύ τους. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ελέγξουμε στατιστικά δυο εικόνες της ίδιας περιοχής, διαφορετικής ημερομηνίας λήψης και να επιλέξουμε την εικόνα που θα μας δώσει μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτή είναι η χρήση του διαστήματος εμπιστοσύνης της μεταβλητής Z, που ισούται με τη διαφορά μεταξύ των δυο K δεικτών (ένας για κάθε εικόνα, και για κάθε πίνακα σφάλματος).

5.8.2 Προσαρμογή περιθωρίου (Margfit)

Σε συνδυασμό με την ανάλυση Kappa, υπάρχει και η τεχνική της προσαρμογής περιθωρίου, η οποία σε γενικές γραμμές χρησιμοποιείται για την ομαλοποίηση των πινάκων σφαλμάτων οι οποίοι πρόκειται να συγκριθούν. Μέσα από μια διαδικασία τακτοποίησης, κάθε στήλη και γραμμή του error matrix συναθροίζεται σε μια προκαθορισμένη τιμή. Αν η προκαθορισμένη τιμή είναι το 1 τότε κάθε κελί είναι τμήμα του 1 και η τιμή του πολλαπλασιαζόμενη με το 100 μπορεί να εκφραστεί σαν ποσοστό επί του 100⁴⁷ (% percentage).

Κατά τη διαδικασία ομαλοποίησης, οι διαφορές μεταξύ των μεγεθών των δειγμάτων εξαφανίζονται και έτσι οι τιμές των κελιών είναι άμεσα συγκρίσιμες

⁴⁷ Η προκαθορισμένη τιμή μπορεί να είναι επίσης 100 και τότε η τιμή του κάθε κελιού είναι αυτόματα εκφρασμένη επί τοις 100 (%)

μεταξύ τους. Στη συνέχεια με την τεχνική αυτή αλλάζουν οι τιμές των κελιών της διαγωνίου (σωστά ταξινομημένα δείγματα) και έτσι είναι δυνατός ο υπολογισμός της συνολικής ακρίβειας για κάθε πίνακα σφάλματος, αθροίζοντας τις τιμές της κύριας διαγωνίου και διαιρώντας με τον συνολικό άθροισμα του error matrix.

5.8.3 Ανάλυση K ειδικού βάρους

Η ανάλυση κ είναι κατάλληλη όταν όλοι πίνακες σφάλματος είναι ίδιας σημασίας. Όμως υπάρχουν και ταξινομήσεις όπου κάθε λάθος είναι διαφορετικής βαρύτητας από το άλλο⁴⁸. Στις περιπτώσεις αυτές υπάρχει η δυνατότητα να προσδοθεί σε κάθε δείκτη K, η βαρύτητα που επιθυμεί ο χρήστης. Τέλος και στην περίπτωση αυτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ίδιες μέθοδοι δοκιμής που αναφέρθηκαν στην περίπτωση της κανονικής K ανάλυσης.

5.9 Η διαδικασία του υπολογισμού ακρίβειας στην παρούσα εργασία

Όλα τα παραπάνω αφορούν στην μαθηματική υπόσταση κάθε διαδικασίας υπολογισμού ακρίβειας. Στην παρούσα εργασία η χρήση του λογισμικού Erdas, μας παρέχει τη δυνατότητα να προβούμε σε διαδικασίες υπολογισμού ακρίβειας πλήρως αυτοματοποιημένες και ασφαλείς. Αρχικά όπως είναι φυσικό μέσω της ταξινόμησης μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood) ολοκληρώθηκε η ταξινόμηση της εικόνας της περιοχής μελέτης σε καλύψεις γης. Σκοπός μας είναι ο έλεγχος της ακρίβειας αυτής της ταξινόμησης.

Πρώτο ερώτημα που καλούμαστε να απαντήσουμε είναι βάσει ποιών πραγματικών δεδομένων συγκρίνουμε την ταξινόμηση μας προκειμένου να υπολογίσουμε την ακρίβεια της. Ο δασικός χάρτης της ΕΣΥΕ του 1989, προφανώς δεν ενδείκνυται λόγω του γεγονότος ότι σε αυτόν στηρίχθηκε η ταξινόμηση (maximum likelihood). Για το λόγο αυτό είναι ανάγκη να ανευρεθούν νέες πηγές πραγματικών δεδομένων. Έτσι αποφασίστηκε ότι ο ασφαλέστερος τρόπος είναι οι επιτόπιες παρατήρησης της ίδιας της περιοχής με τη βοήθεια GPS χειρός. Αυτή η λύση βέβαια έχει και ορισμένα μειονεκτήματα, όπως το ότι είναι αρκετά χρονοβόρα

⁴⁸ Για παράδειγμα είναι μικρότερο το λάθος σημασίας, αν ταξινομηθεί μια δασική έκταση σαν θαμνώδης παρά αν ταξινομηθεί σαν νερό.

και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την περιοχή. Έτσι αν η περιοχή είναι δύσβατη και απρόσιτη (όπως η περιοχή μελέτης), τότε εξ' ορισμού ελαττώνονται τα σημεία που δύναται ο παρατηρητής να χρησιμοποιήσει προκειμένου να εξακριβώσει τις καλύψεις γης που επιθυμεί. Για το γεγονός αυτό αποφασίστηκε ότι 60 σημεία γνωστής και εξακριβωμένης χρήσης γης επαρκούν για να προσδώσουν ένα ανεκτό αποτέλεσμα.

Αφού συλλέχθηκαν τα πραγματικά δεδομένα, πραγματοποιήθηκε χρήση των δυνατοτήτων του λογισμικού ERDAS 8.3.1 Imagine που χρησιμοποιείται προκειμένου να προβούμε στον υπολογισμό της ακρίβειας. Τα σημεία που ελήφθησαν με GPS, και η χρήση τους είναι πλέον γνωστή συγκρίνονται με τα αντίστοιχα χωρικά σημεία της ανορθωμένης εικόνας της ταξινόμησης στις συντεταγμένες του ΕΓΣΑ 87. Τα σημεία για τα οποία η κάλυψη που εμφανίζεται στην ταξινόμηση είναι διαφορετική από αυτή που εμφανίζεται στα πραγματικά δεδομένα, καθορίζουν και την ακρίβεια της σε ποσοστό επί τοις 100 (%). Κάποια από τα μεγέθη που βοηθούν στον υπολογισμό της ακρίβειας των ταξινομήσεων (όπως αυτά αναλύθηκαν σε προηγούμενες παραγράφους του παρόντος κεφαλαίου), υπολογίζονται αυτόματα από τους αλγόριθμους που χρησιμοποιεί το λογισμικό. Έτσι ο υπολογισμός της ακρίβειας της ταξινόμησης έγινε με τη βοήθεια ενός πίνακα σφάλματος 3x3 και της ανάλυσης K (Kappa).

Η ακρίβεια της ταξινόμησης της μέγιστης πιθανοφάνειας που πραγματοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας με βάση τα πραγματικά δεδομένα (60 σημεία παρατήρησης επί του εδάφους στην περιοχή μελέτης), έφτασε στο 70%

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 60

6.1 Επίλογος – συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαιο, σκοπός αυτής της εργασίας είναι να πιστοποιήσει ότι: **τεχνολογικά εργαλεία όπως η Τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα πληροφοριών είναι απαραίτητα στην επίλυση θεματικών προβλημάτων.** Παράλληλα στην εργασία αυτή εφαρμόζονται καινοτόμες μέθοδοι των παραπάνω τομών. Επιχειρήθηκε μια προσέγγιση σε νέες σχετικά τεχνικές και θεωρίες όπως οι ασαφείς ταξινομήσεις και ο υπολογισμός της ακρίβειας ταξινομήσεων (fuzzy classification, accuracy assessment), οι οποίες στο παρελθόν δεν τύγχαναν ευρείας γνώσης. Η ανάπτυξη τους θέτει νέες παραμέτρους στην εφαρμογή των εργαλείων αυτών στο σχεδιασμό του χώρου και στην παρατήρηση του.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν τόσο εργαστηριακές μέθοδοι (γεωμετρικές διορθώσεις εικόνας, ανόρθωση εικόνας, ταξινομήσεις κ.α.) όσο και επιτόπιες δειγματοληψίες και επαληθεύσεις (με χρήση GPS) που οδήγησαν στην παραγωγή ικανοποιητικών χαρτογραφικών αποτελεσμάτων. Έτσι τα βασικά συμπεράσματα της παρούσας εργασίας μπορούν να διαχωριστούν **σε μεθοδολογικά συμπεράσματα** και σε **θεματικά συμπεράσματα.**

Τα μεθοδολογικά συμπεράσματα σχετίζονται με τις διαδικασίες και τις μεθόδους που εφαρμόστηκαν για την εξαγωγή των θεματικών χαρτών. Τα συμπεράσματα αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Η επιλογή της περιοχής μελέτης έγινε με κριτήρια 1) την διαθεσιμότητα των δορυφορικών δεδομένων, 2) την δυνατότητα επόπτευσης της περιοχής προκειμένου να πραγματοποιηθούν δειγματοληψίες και συλλογή δεδομένων για την επαλήθευση της ορθότητας των υπολογισμών και 3) την πρωτοτυπία ως προς την επιλογή της περιοχής η οποία πρώτη φορά μελετάται. Το φυσικό κάλλος της περιοχής δεν αποτελεί λόγο επιλογής, ωστόσο επιτείνει τους λόγους πραγματοποίησης της μελέτης αυτής.
- Η επιλογή της χρήσης της δορυφορικής εικόνας του IRS-1C κρίνεται σωστή. Παρά το γεγονός ότι υπήρχαν διαθέσιμες και άλλες εικόνες (δορυφορικές εικόνες Landsat), αυτές δεν ήταν δυνατό να προσδώσουν το επιθυμητό αποτέλεσμα. Στο μέλλον όταν καταστεί δυνατή από οικονομικής πλευράς η χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής διαχωριστικής ικανότητας

(εικόνες του IKONOS), θα μπορούμε να επιτύχουμε ακριβέστερα και ασφαλέστερα αποτελέσματα.

- Παρ' όλη την επάρκεια των δεδομένων και των πληροφοριών στα οποία βασίστηκε μεγάλο τμήμα της παρούσας εργασίας στα δεδομένα και τις πληροφορίες που αφορούν την κατάρτιση της βάσης δεδομένων παρουσιάστηκε σημαντική έλλειψη. Για το λόγο αυτό οι εργασίες που έγιναν σχετικά με τη βάση δεδομένων αφορούν τη δημιουργία αυτής και την ενδεικτική παρουσίαση ενός μοντέλου γραμμικής παρεμβολής (linear interpolation model). Επιπλέον παρουσιάζεται μια διαδικασία χρήσης ψηφιακών δεδομένων στο σχεδιασμό δράσεων και λήψης αποφάσεων και όχι απλά η δημιουργία και παρουσίαση μιας βάσης χωρικών δεδομένων. Σε συνδυασμό με τα παραπάνω ένας σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να προτείνει ένα τρόπο με τον οποίο η επιστημονική ομάδα μελέτης του προγράμματος LIFENAT/GR/006480, μπορεί να προσεγγίσει τους στόχους του παραπάνω Ευρωπαϊκού προγράμματος.
- Η σχέση της παρούσας εργασίας με το πρόγραμμα LIFE της περιοχής μελέτης, δείχνει μια μικρή ασυμβατότητα στον τρόπο με τον οποίο επιχειρήθηκε η διεπιστημονική συνεργασία. Το γεγονός αυτό διαφαίνεται στο σημείο της συλλογής των στοιχείων από τις αρμόδιες ομάδες μελέτης, όπου παρουσιάστηκαν και τα σχετικά προβλήματα. Βεβαίως αυτά παρακάμπτονται αν αναλογιστεί κανείς ότι η παρούσα εργασία είναι το πρώτο βήμα προσέγγισης και παρακολούθησης της περιοχής.
- Το τμήμα της διπλωματικής εργασίας που αναφέρεται στις ταξινομήσεις (συγκεκριμένα την ταξινόμηση μέγιστης πιθανοφάνειας) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κομμάτια της. Πρέπει ωστόσο να διευκρινιστεί ότι, κατά την διάρκεια της εφαρμογής της πρέπει να ληφθούν υπ' όψη ορισμένοι παράγοντες που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Αυτοί είναι η ομογένεια των δειγματοληπτικών περιοχών, η επιλογή του κατάλληλου συνδυασμού των καναλιών ώστε οι φασματικές υπογραφές των καλύψεων γης να διαφέρουν (αυτό επετεύχθη με εξαίρεση την περίπτωση των οικισμών). Η επιλογή της συγκεκριμένης μεθόδου κρίθηκε βάσει της σχετικής βιβλιογραφίας και αντιστοίχων εφαρμογών του παρελθόντος. Η ακρίβεια της ταξινόμησης η οποία έφτασε στο 70% κρίνεται επαρκής και υπήρχε βεβαίως

πιθανότητα να είναι επαρκέστερη αν εξασφαλιζόταν η απόλυτη ομοιογένεια των δειγματοληπτικών περιοχών και είχε ληφθεί μεγαλύτερος αριθμός δειγματοληψιών. Παρ' όλα αυτά στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής δεν ήταν δυνατό κάτι τόσο δύσκολο και δαπανηρό.

Τα θεματικά αποτελέσματα που εξάγονται αφορούν στις ταξινομήσεις και γενικότερα στο επαρκέστερο σχεδιασμό των δράσεων στην περιοχή μελέτης. Πρόκειται για μια περιοχή μεγάλης αισθητικής αξίας αλλά και άκρως ενδιαφέρουσας βιοποικιλότητας της. Από τις ταξινομήσεις φαίνεται ότι δεν υπάρχουν έντονα προβλήματα συγκρούσεων χρήσεων γης. Τα τελευταία χρόνια επιχειρείται μια προσπάθεια εξέλιξης της περιοχής σε περιοχή τουριστικού χαρακτήρα. Ακόμα δεν διαφαίνονται προβλήματα από την προσπάθεια αυτή όχι τόσο για το γεγονός ότι αυτή είναι πλήρως οργανωμένη και σχεδιασμένη αλλά περισσότερο για το λόγο ότι ακόμα δεν έχει φτάσει αυτή σε κρίσιμα μεγέθη, όπως καταπατήσεις και εκχερσώσεις εκτάσεων.

Σε αυτά καθ' αυτά τα αποτελέσματα της ταξινόμησης, παρατηρούμε ότι τα δάση Ελάτης και Δρυός που περικλείουν την περιοχή, παρουσιάζουν ακόμα δυναμικό χαρακτήρα και βάσει αναφορών από τους κατοίκους της περιοχής, η συρρίκνωση τους είναι αμελητέα με το πέρασμα του χρόνου. Σε αυτό συμβάλλει βέβαια και η προσπάθεια από τους κατοίκους και τους φορείς της περιοχής, οι οποίοι χαρακτηρίζονται συνειδητοποιημένοι σε αρκετά μεγάλο βαθμό. Ενώ είναι χαρακτηριστικό ότι δεν έχουν απειληθεί έντονα από φωτιές και φυσικές καταστροφές.

Όσον αφορά τις καλλιέργειες (στην ευρύτερη περιοχή μελέτης), πρέπει να αναλογιστούμε ότι ο Ν. Καρδίτσας χαρακτηρίζεται σε μεγάλο βαθμό αγροτικός και η έκταση που αυτές κατέχουν είναι κομβικής σημασίας για ολόκληρο το Νομό και όχι μόνο. Βέβαια με την πάροδο του χρόνου και την μικρή μείωση του υδάτινου μετώπου της λίμνης εμφανίστηκαν⁴⁹ κάποιες ελάχιστες καλλιέργειες κοντά στη λίμνη, οι οποίες όμως δεν είναι τέτοιας έκτασης ώστε να δημιουργούν πρόβλημα.

Αντιθέτως πρόβλημα είναι η πτώση του υδάτινου μετώπου της λίμνης (Βλ. προηγούμενο κεφάλαιο). Η τεράστιες ποσότητες νερού που απορροφούνται από τη λίμνη για αρδευτικούς σκοπούς κατά τους θερινούς μήνες δημιουργούν πρόβλημα

⁴⁹ Μαρτυρίες κατοίκων

πρωτίστως στην περιοχή αυτή και δευτερευόντως σε ολόκληρο το Ν. Καρδίτσας και το Ν. Λάρισας.

Μεθοδολογικές προτάσεις: η χρήση της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, οφείλει να συνοδεύεται από συμπληρωματικές επεξεργασίες όπως ο υπολογισμός ακρίβειας, η εφαρμογή των ασαφών ταξινομήσεων κ.α., οι οποίες θα πιστοποιούν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων τους και τη σημασία τους ως προς την συνεισφορά τους στις διαδικασίες σχεδιασμού του χώρου και της λήψης αποφάσεων. Με την ένταξη τέτοιων εργαλείων στις μεθόδους ανάλυσης παρέχεται ο τρόπος να στηριχτεί με περισσότερες πληροφορίες των πιθανών μοντέλων προσομοίωσης (simulation models) που προτείνονται σε κάθε προσπάθεια και μελέτη εφαρμογής μιας δράσης.

Όσον αφορά την επιλογή των δορυφορικών δεδομένων με τα οποία επιχειρείται η προσέγγιση και η επόπτευση των προβληματικών που τίθενται σημαντικό ρόλο παίζει ο χρονικός παράγοντας λήψης των δορυφορικών δεδομένων. Έτσι στην περίπτωση ενός δάσους, είναι προτιμότερη μια εικόνα η οποία λήφθηκε κατά τη χειμερινή περίοδο, λόγω της ύπαρξης των φυλλοβόλων δένδρων και της ευκολίας του διαχωρισμού τους. Το αντίθετο ισχύει στην περίπτωση των καλλιεργειών αφού το χειμώνα οι αγροτικές εργασίες σταματούν και ο διαχωρισμός ανάμεσα στα οργωμένα αγροτεμάχια είναι αδύνατος.

Κλείνοντας τονίζεται ότι τα παραπάνω θεωρούνται απαραίτητα μόνο από τον εκπονητή και σε καμία περίπτωση, δεν είναι απόλυτες λύσεις στο σύνολο των ζητημάτων που αφορούν τα παραπάνω επιστημονικά αντικείμενα. Η πρόοδος της τεχνολογίας, θα καταστήσει παρωχημένα κάποτε αυτά τα ζητήματα που τέθηκαν και παρουσιάστηκαν στην παρούσα διπλωματική, ως τότε όμως είναι ανάγκη κάποιοι ερευνητές να εισχωρήσουν σε μεγαλύτερο βάθος απ' ό τι κατάφερε η εργασία αυτή, εφαρμόζοντας περισσότερο πρωτοπόρες θεωρίες και μεθοδολογίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**Ξενόγλωσση**

CAMPELL J. Introduction to Remote Sensing, Guilford Press, New York, 1987

CONGALTON R.G & STORY M., Accuracy Assesment: A user's Perspective, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol **52,no3,1986**

DRURY S.A., Images of the Earth, a guide to Remote Sensing, Oxford Science Publications, Second Edition ,1998

ERDAS IMAGINE,ERDAS Field Guide, Fourth Edition, ERDAS INC, Atlanta, Georgia,1997

JENSEN R. JOHN, Introductory: Digital Image Processing. A Remote sensing perspective, Prentice-Hall, New Jersey, 1986

LILLESAND M. THOMAS & KIEFER W. RALPH, Remote Sensing and Image Interpretation, 3rd Edition, John Wiley and Sons Inc, New York, 1994

MATHER PAUL, Computer Processing of Remotely Sensed Images: An Introduction, John Wiley and Sons Inc. New York,1987

PERAKIS K., MANAKOS I., SILEOS N.: Qualitative and spatial comparative study of satellite images classified by supervised and fuzzy logic based classification algorithms: A case study in Kilkis prefecture, Central Macedonia, Greece.(Copyright IFAC,Athens),1998

P. A. BURROUGH: Principles of Geographical Inormation Systems for Land Resources Assessment, Clarendon Press, Oxford, 1988.

SABINS F. FLOYD Jr, Remote Sensing : Principles and Interpretation (2nd Edition), W. H. Freeman and Company, New York, 1987

TERFAI L., SCHRIMPF W.: The use of Geographic Information Systems and Remote Sensing imagery data for development of decision support systems for environmental management CASE STUDY: Coastal zone management, Joint Research Center of the EuropeanCommission Italy, www.unesco.org/webworld/tunis/tunis/97/com_43/com_43.html

Ελληνική

ΑΣΤΑΡΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ, Φωτοερμηνεία στις Γεωεπιστήμες, Αριστοτέλειο Παναπιστήμιο Θεσσαλονίκης Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη 1995

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ (Επιτροπή Διαστημικής Έρευνας και Τεχνολογίας), Συστήματα Παρατήρησης και Παρακολούθησης της γης. Πρακτικά 1^{ης} Συνάντησης, Εργασία μες την υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ΓΔ XII, Αθήνα, Ιανουάριος 1995

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ, Στο δρόμο για την Αειφορία, Το πρόγραμμα LIFE, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση XI, Βρυξέλλες, 1998

ΚΥΡΙΑΚΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ, Οι Αναπτυξιακές Εταιρείες ως νέοι φορείς στην Τοπική Ανάπτυξη, Το παράδειγμα της Αναπτυξιακής Καρδίτσας (ΑΝΚΑ), Διπλωματική Εργασία, του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος, 1998

ΚΥΡΙΜΗΣ Κ. ΜΠΕΤΣΗΣ Α., Θεματική διαχρονική ανάλυση βασικών καλύψεων γης του Ν. Μαγνησίας την τελευταία δεκαετία με τη χρήση δορυφορικών εικόνων, Διπλωματική Εργασία, του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος, 1998

ΛΑΖΑΡΙΔΟΥ-ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗ ΜΑΡΙΑ, Αναφορά συλλογής στοιχείων από δειγματοληπτικούς σταθμούς λίμνης 1ο report, Μάιος 2000

ΠΑΠΠΑΣ ΒΑΣΙΛΗΣ, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις για το Μάθημα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος, 1997

ΠΕΡΑΚΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις για το Μάθημα Φωτοερμηνεία και Τηλεπισκόπηση, του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος, 1997

3ο ΕΤΟΣ ΦΟΙΤΗΤΩΝ, Δημογραφικά, Οικονομικά, Κοινωνικά και Πολιτιστικά Χαρακτηριστικά του Ν. Καρδίτσας, Εργασία στο μάθημα «Χωροταξικός Σχεδιασμός και Προγραμματισμός» του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος, Φεβρουάριος 1995

Διαδίκτυο

- www.auslig.gov.au/acres/referenc/about_rs4.htm
- www.informatics.org/france/france.html
- www.fao.org/waicent/faoinfo/sustdev/EIdirect/EIre0072.htm
- www.esnetwork.org/successstories/ss3.cfm
- www.minenv.gr

