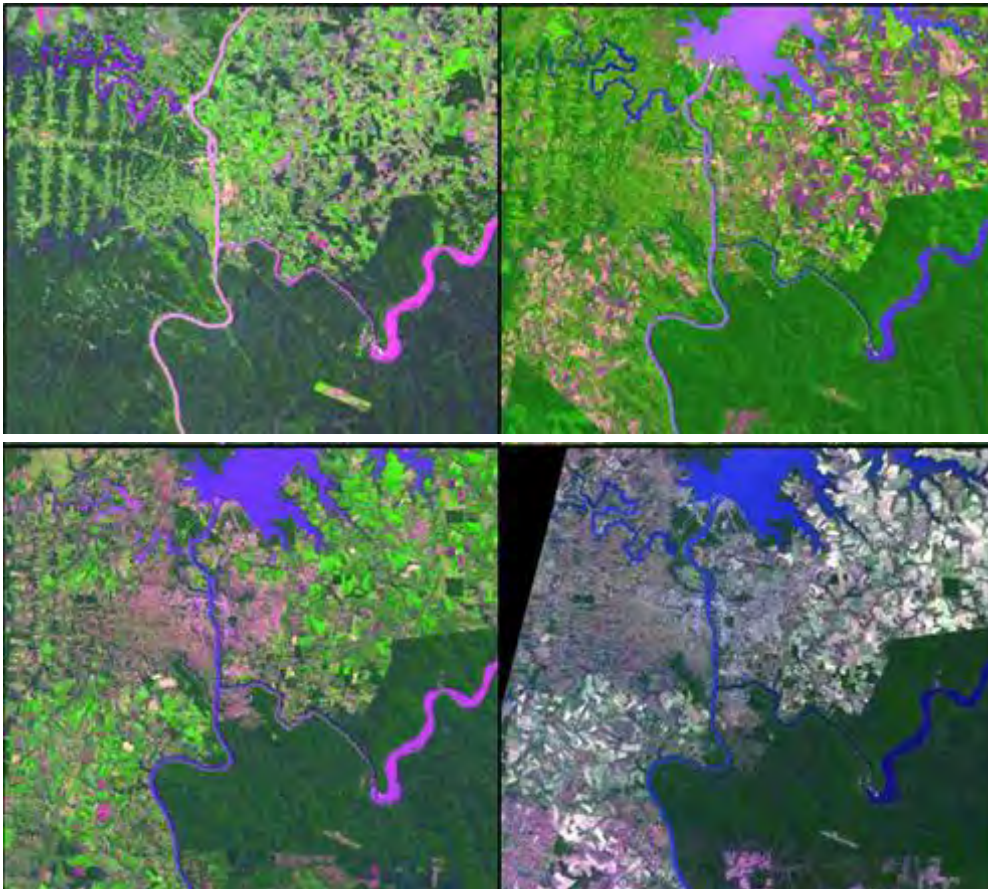


**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ & ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
(ΤΜΧΠΠΑ)**

**ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ ΤΟΥ  
ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΓΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Λυστήρης Χρίστος**

**Επιβλέπων: Περάκης Κωνσταντίνος**

**Βόλος Ιούνιος 2014**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	σελ4
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	σελ5
<b>ABSTRACT</b>	σελ6
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	
1.1 Τηλεπισκόπηση	σελ7
1.2 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	σελ8
1.3 Τηλεπισκοπικοί δέκτες	σελ9
1.4 Αρχή λειτουργίας ανιχνευτών	σελ10
1.5 Χαρακτηριστικά δεδομένων	σελ12
1.6 Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης	σελ13
1.7 Ταξινομήσεις κάλυψης γης	σελ 14
1.8 Στόχος εργασίας	σελ16
<b>2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>	
2.1 Εισαγωγή	σελ17
2.2 Γεωγραφικά στοιχεία περιοχής	σελ18
2.3 Κλίμα περιοχής	σελ19
2.4 Οικονομία περιοχής	σελ20
2.5 Η πολεοδομική ανάπτυξη	σελ21
<b>3. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b>	
3.1 Δορυφόρος	σελ22
3.2 Τύποι δορυφόρων	σελ22
3.3 Κατηγορίες των δορυφόρων	σελ23
3.4 Δορυφόροι	σελ25
3.5 Δορυφορικές εικόνες	σελ27
3.6 Δορυφόροι Landsat	σελ28
3.7 Επεξεργασία δεδομένων	σελ29

3.8 Ψηφιακή επεξεργασία – ανάλυση εικόνας .....	σελ30
<b>4. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕΙΣ</b>	
4.1 Εισαγωγή .....	σελ32
4.2 Ψηφιακή ταξινόμηση .....	σελ32
4.3 Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση .....	σελ34
4.4 Χαρακτηριστικά - Πηγές σφαλμάτων ταξινόμησης .....	σελ35
<b>5. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΓΗΣ</b>	
5.1 Εισαγωγή .....	σελ37
5.2 Τεχνικές εντοπισμού μεταβολών .....	σελ38
5.3 Ακρίβεια τεχνικών εντοπισμού μεταβολών .....	σελ39
5.4 Αλγόριθμοι εντοπισμού μεταβολών .....	σελ39
5.5 Αλγόριθμος «Σύγκρισης ταξινομημένων εικόνων» .....	σελ40
<b>6. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ</b> .....	σελ42
<b>7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	σελ48
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b> .....	σελ49

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της ολοκλήρωσης των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης και ειδικότερα στο μεταπτυχιακό της Χωρικής Ανάλυσης και Διαχείρισης Περιβάλλοντος

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της μεταπτυχιακής μου διατριβής Καθηγητή του ΤΜΧΠΠΑ κύριο Κωνσταντίνο Περάκη για την αμέριστη συμπαράσταση και καθοδήγηση, καθώς και για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου καθ όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διατριβής μου.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την ηθική τους στήριξη, η οποία αποτέλεσε το σημαντικότερο παράγοντα στην επιτυχή ολοκλήρωση των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η ανάλυση δορυφορικών εικόνων της ευρύτερης περιοχής του δήμου Λαρισαίων με την μέθοδο των χρονολογικών σειρών, με σκοπό την ανάδειξη των διαχρονικών αλλαγών και μεταβολών των καλύψεων γης. Η διαχρονική παρακολούθηση βασίζεται στην επεξεργασία δορυφορικών εικόνων της περιοχής μελέτης με τεχνικές Τηλεπισκόπησης. Από την επεξεργασία αυτή προκύπτουν θεματικοί χάρτες με την κάλυψη γης της περιοχής μελέτης, οι οποίοι συγκρίνονται μεταξύ τους και παράγουν νέους θεματικούς χάρτες που απεικονίζουν τις μεταβολές ή μη στους διάφορους τύπους κάλυψης γης, κατά το χρονικό διάστημα που μελετάται. Από αυτή τη μελέτη προκύπτουν συμπεράσματα για το είδος και το μέγεθος των μεταβολών που έλαβαν χώρα στην κάλυψη γης καθώς και γενικότερα συμπεράσματα-προτάσεις για τις μεθόδους ταξινόμησης και εντοπισμού μεταβολών με τη χρήση τεχνικών Τηλεπισκόπησης.

Για τη σωστή μελέτη και διαχείριση του περιβάλλοντος απαιτείται η γνώση σε βάθος της παρούσας κατάστασής του, καθώς και η γνώση της αλλαγής και της εξέλιξης αυτού με την πάροδο των χρόνων για την προστασία, βελτίωση και σωστή διαχείριση του, καθώς και η ανάγκη για ενσωμάτωση περιβαλλοντικής διάστασης στην άσκηση πολιτικής γης. Οι διαχρονικές αλλαγές που εμφανίζονται σε μια περιοχή μελετώνται με τη χρήση δορυφορικών εικόνων. Η επεξεργασία των εικόνων αυτών γίνεται με σύγχρονες μεθόδους Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.). Η Τηλεπισκόπηση σε συνδυασμό με τα Γ.Σ.Π. προσφέρουν τη δυνατότητα ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων. Τα δεδομένα κάλυψης γης χρειάζονται στην ανάλυση των περιβαλλοντικών διαδικασιών και στην κατανόηση των προβλημάτων, όταν οι συνθήκες και τα πρότυπα διαβίωσης πρόκειται να βελτιωθούν ή να διατηρηθούν στα εκάστοτε επίπεδα.

**ABSTRACT**

This paper attempts to analyze satellite images of the greater municipality of Larissa by the method of time series, to highlight the temporal changes and changes in land cover. The longitudinal follow-up based on the processing of satellite images of the study area with remote sensing techniques. Since this treatment resulting thematic maps with land cover of the study area, which are compared with each other and produce new thematic maps illustrating the changes or not in the different land cover types during the period studied. From this study resulting conclusions on the nature and magnitude of the changes that have occurred in land cover and general conclusions-recommendations for methods of classification and change detection using remote sensing techniques.

For proper design and management of the environment requires in-depth knowledge of this situation, and knowledge of change and evolution of this over the years for the protection, improvement and proper management, and the need to integrate environmental dimension in policy-land. Longitudinal changes that occur in an area studied by using satellite imagery. The processing of these images made by modern methods of Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS). Remote Sensing in conjunction with GIS offer the possibility of developing an integrated monitoring and management of natural ecosystems. The land cover data needed in the analysis of environmental processes and understanding of the problems, when conditions and living standards will be improved or maintained at current levels.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### 1.1 Τηλεπισκόπηση

Με τον όρο Τηλεπισκόπηση εννοείται η επιστήμη της λήψης πληροφοριών (φασματικών, χωρικών, χρονικών) μέσα από ανάλυση δεδομένων τα οποία συλλέχθηκαν από ειδικά όργανα που δεν είχαν καμία φυσική επαφή με τα αντικείμενα-στόχους και της παρατήρησης φαινομένων και χαρακτηριστικών από απόσταση (Αργιαλάς, 1999)

Η επιστήμη της τηλεπισκόπησης, η οποία ξεκίνησε το 1967 από τη NASA, με τη σχεδίαση του πρώτου εμπορικού τηλεπισκοπικού δορυφόρου Landsat-1, ή ουσιαστικότερα το 1972 με την εκτόξευση του πρώτου δορυφόρου Landsat-1, επέφερε μεγάλη επανάσταση στο χώρο της Χαρτογραφίας, διότι εισήγαγε την παρατήρηση και παρακολούθηση του γήινου περιβάλλοντος στο σύνολό του και σε συνεχή περιοδική χρονική κλίμακα (Doyle 1996, Fritz 1996). Για τους χαρτογράφους, οι δορυφόροι Landsat αντιπροσωπεύουν την αρχή της συστηματικής εκμετάλλευσης μιας νέας και ανεξάντλητης πηγής στοιχείων. Βέβαια, η σημαντικότερη και πολύτιμη συνεισφορά της χρήσης της αεροφωτογραφίας στη χαρτογραφία δεν υποτιμάται και συνεχίζει να χρησιμοποιείται. Όμως, η συνεχής βελτίωση των χαρακτηριστικών της ψηφιακής τηλεπισκοπικής εικόνας και των τεχνικών επεξεργασίας της, καθιστούν αυτή τη νέα πηγή δεδομένων, όλο και περισσότερο κατάλληλη σε εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, όπως αυτές της μελέτης και παρακολούθησης αστικών περιοχών.

Στη διεθνή βιβλιογραφία χρησιμοποιείται ο όρος Remote Sensing και σύμφωνα με τον ορισμό, η έννοια της Τηλεπισκόπησης μπορεί να συμπεριλάβει ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, τεχνικών ή και φυσιολογικών λειτουργιών, όπως για παράδειγμα την ανθρώπινη όραση. Στην πραγματικότητα, σήμερα με το όρο Τηλεπισκόπηση εννοούμε "την επιστήμη και την τεχνολογία παρατήρησης και μελέτης των χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας από απόσταση, βάσει της αλληλεπίδρασης των υλικών που βρίσκονται επάνω σε αυτή με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία".

Η παρατήρηση της επιφάνειας της γης είναι δυνατή με τη χρήση ψηφιακών σαρωτών (τηλεπισκοπικών ανιχνευτών) που ανιχνεύουν την ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας της γήινης επιφάνειας και την αποδίδουν ως ψηφιακή εικόνα. Οι σαρωτές μπορεί να είναι εγκατεστημένοι σε τεχνητούς δορυφόρους που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη γη ή να βρίσκονται σε αερομεταφερόμενα μέσα (αεροσκάφη, ελικόπτερα).

## 1.2 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Κάθε τηλεπισκοπική απεικόνιση προκύπτει ουσιαστικά με την κατάλληλη καταγραφή ποιοτικών και μετρητικών πληροφοριών, οι οποίες μεταφέρονται μέσω της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μετά από την αλληλεπίδραση με την ατμόσφαιρα και τα αντικείμενα/εμφάνσεις στην επιφάνεια της γης.

Η δυνατότητα λήψης δεδομένων σε μια μεγάλη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (από την κοσμική ακτινοβολία μέχρι τα μικροκύματα), σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η κατανομή της ακτινοβολίας που εκπέμπει ή ανακλά κάθε αντικείμενο/εμφάνιση σε διάφορα μήκη κύματος είναι χαρακτηριστική της φυσικής κατάστασης και της χημικής του σύστασης, οδηγεί στην εξ αποστάσεως αναγνώριση και μελέτη του, δηλαδή σε εφαρμογή της τηλεπισκόπησης.

Οι δέκτες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε δορυφόρους καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια ή την ένταση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Οι κύριες ιδιότητες που χαρακτηρίζουν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα, όπως και κάθε κύμα γενικότερα, είναι το μήκος κύματος ( $\lambda$ ), που ορίζεται ως η απόσταση μεταξύ δύο κορυφών του κύματος, και η συχνότητά του ( $\nu$ ), δηλαδή ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται από ένα σημείο σε ένα δευτερόλεπτο, η οποία μετράται σε Hertz (Hz).

Το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με διαφορετικό μήκος κύματος αποτελεί το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα συνίσταται από κύματα με μήκη κύματος από  $0,1\mu\text{m}$  ( $1\text{m} = 1.000.000\mu\text{m}$ ) έως  $100\text{m}$  και περιλαμβάνει: το πεδίο ακτίνων  $\gamma$  ( $\gamma$ -rays), το πεδίο ακτίνων  $x$  ( $x$ -rays), το πεδίο υπεριώδους ακτινοβολίας (ultraviolet), το πεδίο ορατού φωτός (visible light), το πεδίο υπέρυθρης ακτινοβολίας (infrared), το πεδίο μικροκυμάτων (microwaves) και το πεδίο ραδιοκυμάτων (radiowaves).

Από το συνολικό πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η τηλεπισκόπηση αξιοποιεί την περιοχή εκείνη που έχει μήκος κύματος  $10^{-6}\mu\text{m} < \lambda < 1\text{m}$  και περιλαμβάνει το υπεριώδες, το ορατό φως, το εγγύς και μέσο υπέρυθρο, το θερμικό υπέρυθρο και τα μικροκύματα.

Κατά την αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με ένα αντικείμενο/εμφάνιση στην επιφάνεια της γης, το ποσό της ακτινοβολίας που ανακλάται, απορροφάται ή διαδίδεται από αυτό, εξαρτάται από τη σύσταση του συγκεκριμένου σώματος και από τις υπάρχουσες συνθήκες. Η ιδιότητα αυτή των αντικειμένων/εμφάνσεων επιτρέπει τον εντοπισμό και τη διάκρισή τους σε μια τηλεπισκοπική απεικόνιση. Επιπλέον, για το ίδιο αντικείμενο/εμφάνιση η αναλογία της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται, απορροφάται ή διαδίδεται, ποικίλει ανάλογα με το μήκος κύματος. (Van der Meer and De Jong, 2001). Παραδείγματος χάριν, δύο αντικείμενα/εμφάνσεις μπορεί να παρουσιάζονται εντελώς όμοια σε ένα συγκεκριμένο πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, αλλά στην πραγματικότητα να είναι εντελώς διαφορετικά και άρα



διακριτά μεταξύ τους. Στο ορατό μέρος του φάσματος οι διαφορές αυτές μας δίνουν την αίσθηση του χρώματος, π.χ. θεωρούμε ότι κάποιο σώμα είναι μπλε, όταν έχει μεγάλη ανακλαστικότητα στο μπλε τμήμα του φάσματος, ή θεωρούμε ότι είναι πράσινο, όταν έχει μεγάλη ανακλαστικότητα στο πράσινο κ.ο.κ.

Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει τον τρόπο που αλληλεπιδρά η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με τα αντικείμενα/εμφανίσεις στην επιφάνεια της γης, είναι η επιφανειακή τραχύτητά τους  $\square$  η υφή τους. Αντικείμενα/εμφανίσεις που είναι επίπεδα, λειτουργούν σαν κάτοπτρα όταν η γωνία πρόσπτωσης ισούται με τη γωνία ανάκλασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, ενώ όσα έχουν τραχεία επιφάνεια, ανακλούν ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις διαχέοντας την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Συνήθως όμως, τα περισσότερα αντικείμενα/εμφανίσεις αλληλεπιδρούν με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κατά έναν ενδιάμεσο τρόπο. Για παράδειγμα, στο πεδίο των ραδιοκυμάτων ένα βραχώδες έδαφος απεικονίζεται ομαλό, σχεδόν λείο, ενώ στο ορατό τμήμα του φάσματος ακόμη και η πολύ λεπτή άμμος παρουσιάζεται στην απεικόνιση σαν να έχει τραχεία υφή.

Κάθε αντικείμενο/εμφάνιση έχει μια  $\square$ φασματική υπογραφή $\square$ , όπως ονομάζεται, η οποία είναι το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται από το αντικείμενο/εμφάνιση. Το ποσό αυτό καταγράφεται από τον δέκτη ως μια συγκεκριμένη τιμή για κάθε πεδίο του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ανάλογα με το εκάστοτε εξεταζόμενο πεδίο του φάσματος, για το ίδιο αντικείμενο/εμφάνιση, μπορούμε να πάρουμε και διαφορετική πληροφορία. Έτσι, η  $\square$ φασματική υπογραφή $\square$  μας επιτρέπει να διακρίνουμε το χιόνι από το νερό, τη βλάστηση από το χώμα, τους διάφορους τύπους πετρωμάτων μεταξύ τους, τις διάφορες ενώσεις στην ατμόσφαιρα κ.λπ.

### 1.3 Τηλεπισκοπικοί δέκτες

Προκειμένου να ανιχνευθεί η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε όλες τις συχνότητες και τα μήκη κύματος, απαιτούνται διάφορα είδη τηλεπισκοπικών δεκτών. Οι τηλεπισκοπικοί δέκτες διακρίνονται σε δέκτες radar και οπτικούς ή παθητικούς δέκτες. Αναλυτικά:

Οι δέκτες radar ή ενεργητικοί δέκτες, βασίζονται στην ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, που εκπέμπεται από τον ίδιο τον δέκτη radar, ανακλάται από το αντικείμενο/εμφάνιση στην επιφάνεια της γης, επιστρέφει και καταγράφεται στο σύστημα. Σ $\square$  αυτούς τους δέκτες, όπως τα radar, που εκπέμπουν στην περιοχή των μικροκυμάτων, το επιστρεφόμενο σήμα έχει υποστεί αλλοίωση, η οποία εξαρτάται, μεταξύ άλλων, από τις ιδιότητες της επιφάνειας του αντικείμενου/εμφάνισης. Έτσι, επιτυγχάνεται η αναγνώριση και μελέτη σωμάτων και

φαινομένων, όπως κατασκευές στη ξηρά, αέριες χημικές ενώσεις, ωκεάνια συστήματα κυκλοφορίας, πετρελαιοκηλίδες κ.λπ. Από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του radar είναι η επιχειρησιακή του δυνατότητα να χρησιμοποιείται ημέρα και νύχτα, κάτω από όλες σχεδόν τις καιρικές συνθήκες.

Οι οπτικοί ή παθητικοί δέκτες, είναι εκείνοι που λαμβάνουν και καταγράφουν την ανακλώμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ή την εκπεμπόμενη θερμότητα. Ευαισθητοποιούνται στο τμήμα του φάσματος, το οποίο εκτείνεται από την περιοχή των πολύ μικρών μηκών κύματος (μικρότερα των  $0,4\mu\text{m}$ ) της υπεριώδους ακτινοβολίας, έως την περιοχή του μήκους κύματος των  $1.000\mu\text{m}$ . Ανάλογα δε με την εφαρμογή στην οποία θα αξιοποιηθούν απεικονίσεις από οπτικό δέκτη, επιλέγεται και η αντίστοιχη φασματική περιοχή.

Οι οπτικοί δέκτες διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

#### Φωτογραφικές μηχανές

Ο πιο διαδεδομένος δέκτης είναι η συμβατική φωτογραφική μηχανή, που έχει σχεδιασθεί να ανιχνεύει την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο ορατό τμήμα του φάσματος ( $0,4\text{--}0,7\mu\text{m}$ ) και στο εγγύς υπέρυθρο ( $0,7\text{--}0,9\mu\text{m}$ ). Σε αυτό το είδος δέκτη, χρησιμοποιούνται ασπρόμαυρα ή έγχρωμα φιλμ ευαίσθητα στις παραπάνω περιοχές του φάσματος. Με χρήση κατάλληλων φίλτρων, μπορούμε να βελτιώσουμε την αντίθεση (contrast) της αεροφωτογραφίας ή π.χ. με χρήση ενός κίτρινου φίλτρου να εξαλείψουμε την Rayleigh σκέδαση, λόγω της ατμόσφαιρας.

#### Οπτικοηλεκτρικοί δέκτες

Οι οπτικοηλεκτρικοί δέκτες μετασχηματίζουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε ηλεκτρικό σήμα. Τα στοιχεία του δέκτη συμπεριφέρονται όπως οι κόκκοι του φωτογραφικού φιλμ και παράγουν μια παρόμοια ηλεκτρονική εγγραφή για κάθε σημείο του εδάφους.

#### Πολυφασματικοί σαρωτές

Πρόκειται για οπτικομηχανικούς σαρωτές, που λειτουργούν σε οποιαδήποτε περιοχή του φάσματος και χρησιμοποιούν δέκτες ευαίσθητους στις περιοχές αυτές, γεγονός που τους δίνει τη δυνατότητα ταυτόχρονης συλλογής μεγαλύτερης ποσότητας πληροφορίας.

#### 1.4 Αρχή λειτουργίας ανιχνευτών

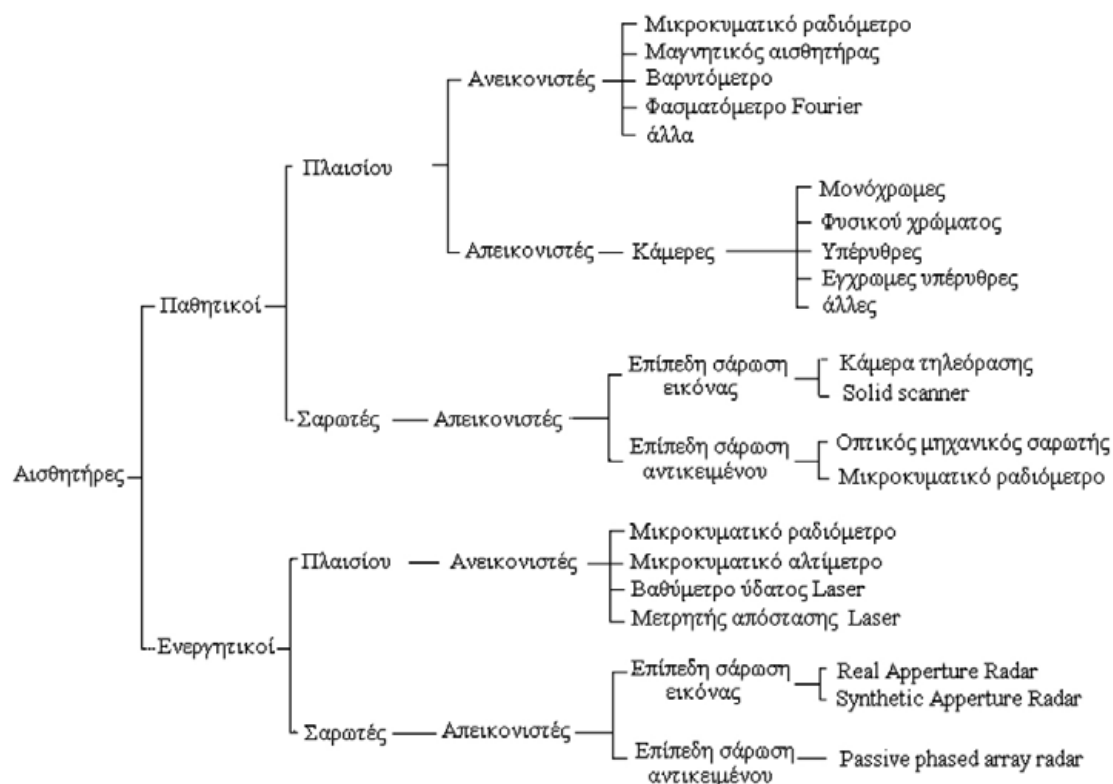
Τα όργανα που είναι ικανά να μετρήσουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ονομάζονται αισθητήρες. Οι δορυφορικοί αισθητήρες ανήκουν στην ευρεία κατηγορία των ραδιομέτρων, που αποτελούν όργανα μέτρησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η λειτουργία των οποίων βασίζεται στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Εάν ο αισθητήρας περιλαμβάνει φράγμα περίθλασης το οποίο διαχωρίζει την ακτινοβολία, που εκτείνεται σε μια περιοχή του φάσματος, σε

μικρότερες φασματικές περιοχές, τότε αυτός ονομάζεται φασματοραδιόμετρο. Η ταξινόμησή τους μπορεί να γίνει σε δύο κατηγορίες (Van der Meer and De Jong, 2001):

1. Στους παθητικούς αισθητήρες που δεν διαθέτουν τη δική τους πηγή ακτινοβολίας. Είναι ευαίσθητοι μόνο στην ακτινοβολία που έχει φυσική προέλευση και συνήθως είναι η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία ή η ενέργεια που εκπέμπεται από ένα επίγειο αντικείμενο. Ένα κλασικό παράδειγμα παθητικού αισθητήρα είναι η φωτογραφική μηχανή, η οποία καταγράφει την ανακλώμενη ακτινοβολία κάποιου αντικειμένου σε μία φωτοευαίσθητη επιφάνεια και έπειτα πάνω στο φιλμ. Άλλα παραδείγματα είναι οι πολυφασματικοί σαρωτές, οι θερμικοί σαρωτές και τα ραδιόμετρα που χρησιμοποιούν μικροκύματα.
2. Στους ενεργητικούς αισθητήρες που διαθέτουν μία τεχνητή πηγή ακτινοβολίας, η οποία εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα ή σε αντικείμενα στην επιφάνεια της γης και έπειτα η ανακλώμενη ενέργεια που προκύπτει λαμβάνεται πίσω από τον αισθητήρα για την εξαγωγή μετρητικής και ποιοτικής πληροφορίας. Παραδείγματα ενεργητικής τηλεπισκόπησης αποτελούν τα συστήματα radar (radio detection and ranging) και lidar (light detection and ranging).

Κατά την παρατήρηση της γήινης επιφάνειας, μετράται μέσω των ανιχνευτών το ποσοστό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται από τα διάφορα υλικά. Κάθε αντικείμενο - επιφάνεια - υλικό που βρίσκεται επάνω στη γη, έχει ένα μοναδικό τρόπο να ανακλά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος. Για παράδειγμα η χλωροφύλλη που βρίσκεται στα πράσινα μέρη των φυτών, έχει την ιδιότητα να ανακλά σε μεγάλο βαθμό την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο πράσινο τμήμα του ορατού ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και να την απορροφά στο μπλε και κόκκινο τμήμα. Η φασματική αυτή συμπεριφορά έχει ως αποτέλεσμα να αντιλαμβανόμαστε το πράσινο χρώμα των ζωντανών φυτών. Κατά παρόμοιο τρόπο όλα τα υλικά μπορούν να μελετηθούν, να εντοπισθούν και να απεικονισθούν χρησιμοποιώντας την ανακλαστική τους συμπεριφορά.

Οι κατηγορίες του παρακάτω διαγράμματος το οποίο παρουσιάζει ένα σχήμα ταξινόμησης των δορυφορικών αισθητήρων ανάλογα με την πηγή ακτινοβολίας που καταγράφουν, ανάλογα με τον τρόπο κατόπτευσης και ανάλογα με τον τρόπο καταγραφής της ακτινοβολίας.



### 1.5 Χαρακτηριστικά δεδομένων

Τα δεδομένα που μεταδίδονται από τους ανιχνευτές (αερομεταφερόμενοι ή σε τροχιά) μετατρέπονται σε 2-διάστατους πίνακες  $n$  γραμμών \*  $m$  στηλών όπου η τιμή κάθε εικονοστοιχείου (Pixel) αντιπροσωπεύει την ανάκλαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Γενικά τα τηλεπισκοπικά δεδομένα δηλαδή οι ψηφιακές εικόνες χαρακτηρίζονται από τα τις παρακάτω ιδιότητες:

**Χωρική διακριτική ικανότητα:** είναι το μέγεθος του μικρότερου στοιχείου που μπορεί να ανιχνευθεί από το σύστημα (το μέγεθος των pixel).

**Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα:** είναι η ικανότητα του συστήματος να διαχωρίσει πολύ μικρές διαφορές ενέργειας .

**Φασματική διακριτική ικανότητα:** είναι οι περιοχές του φάσματος οι οποίες δεν επηρεάζονται από την ατμοσφαιρική απορρόφηση και επιπλέον είναι χρήσιμες στην τηλεπισκόπηση(πόσα κανάλια έχει ο δορυφόρος).

**Χρονική διακριτική ικανότητα:** είναι η επαναληψιμότητα του δορυφόρου. Δηλαδή το κάθε πόσες μέρες ο δορυφόρος περνά από το ίδιο σημείο.

Τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να αποθηκευτούν σε αναλογική μορφή, παράδειγμα της οποίας αποτελούν οι αεροφωτογραφίες, είτε μπορεί να αποθηκευτούν ως μία ψηφιακή διάταξη, ένα σύνολο τιμών του σήματος που έχει καταγραφεί δηλαδή, πάνω σε μαγνητική ταινία όπως ο σκληρός δίσκος του ηλεκτρονικού

υπολογιστή το CD-rom και το DVD, διαδικασία που επιλέγεται στα σημερινά συστήματα τηλεπισκόπησης. Οι ψηφιακές απεικονίσεις, μπορούν να εξαχθούν από ψηφιακά δεδομένα φωτογραφικών τηλεπισκοπικών αισθητήρων.

Παρακάτω αναφέρονται οι κύριες ιδιότητες παρατήρησης και αναγνώρισης ενός αντικειμένου.

Σχήμα και μέγεθος του αντικειμένου. Η χωρική όπως και η γεωμετρική ανάλυση θεωρούνται σημαντικές για τον αισθητήρα. Ως κριτήριο, λαμβάνεται υπόψη το μέγεθος του εικονοστοιχείου (διαστάσεις που καλύπτει στο έδαφος).

Ιδιότητες ανακλαστικότητας και ιδιότητες εκπομπής ακτινοβολίας του αντικειμένου. Το δυναμικό εύρος και η ραδιομετρική ανάλυση είναι τα σημαντικά στοιχεία του αισθητήρα για την κατηγορία αυτή. Ως δυναμικό εύρος ορίζεται ο αριθμός των ψηφιακών επιπέδων στα οποία μπορεί να αποθηκευτεί η παρατηρούμενη ανακλαστικότητα ή εκπομπή ακτινοβολίας.

Φασματικές ιδιότητες του αντικειμένου. Σε αυτές περιλαμβάνονται το μήκος κύματος, η συχνότητα και το χρώμα. Για τα χαρακτηριστικά αυτά, το μήκος κύματος και η φασματική ανάλυση (εύρος καναλιού) του αισθητήρα έχουν ιδιαίτερη σημασία.

Η επίδραση της πόλωσης στο αντικείμενο

Αλλαγές που υφίσταται το παρατηρούμενο αντικείμενο σε μεταβολές του χρόνου και του τόπου (temporal effects).

Στις μελέτες αυτές, συνήθως χρησιμοποιούνται αεροφωτογραφίες, σε απλή και στερεοσκοπική μορφή. Το μειονέκτημα της χρήσης των αεροφωτογραφιών είναι ότι το κόστος λήψης, παραγωγής και επεξεργασίας σε περιοδική βάση είναι πολύ μεγάλο (Conecny 1996, Schieve, 1996). Οι δορυφορικές εικόνες σε σχέση με τις αεροφωτογραφίες παρουσιάζουν συγκριτικά πλεονεκτήματα, τα οποία είναι η κανονική περιοδική λήψη σε ψηφιακή μορφή, σε διάφορες περιοχές του φάσματος, σε περίπου ενιαία κλίμακα και περίπου τον ίδιο "προσανατολισμό", η λήψη διαχρονικών εικόνων την ίδια χρονική στιγμή της ημέρας για μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, η σχετικά εύκολη διαθεσιμότητα σε οποιονδήποτε, βάσει ενός διεθνούς συστήματος διανομής και το συνολικό μικρότερο κόστος (Jensen 1996).

## 1.6 Εφαρμογές της Τηλεπισκόπησης

Η παρατήρηση της γης από το διάστημα αποτελεί, τα τελευταία χρόνια, σημαντικό εργαλείο για τη μελέτη του περιβάλλοντος, την κατανόηση του παγκόσμιου κλίματος, καθώς και το σχεδιασμό και την υποστήριξη αναπτυξιακών και παραγωγικών δραστηριοτήτων σε μια περιοχή. Ο όρος δορυφορική τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται για την περιγραφή της διαδικασίας λήψης πληροφοριών με τη χρήση ανιχνευτικών συσκευών που φέρονται από δορυφόρους παρατήρησης της γης. Η δορυφορική τηλεπισκόπηση έχει τη δυνατότητα παροχής σε πραγματικό χρόνο και με χαμηλό

κόστος ψηφιακών, παγκόσμιων και ενημερωμένων δεδομένων ακριβείας, σε συνεχή και επαναλαμβανόμενη βάση, καθώς και καταγραφών παρελθόντων ετών από αρχεία δορυφορικών δεδομένων. Τα τελευταία χρόνια διατίθενται δεδομένα παρακολούθησης της γης από ανιχνευτές δορυφόρων τελευταίας γενιάς. Οι δορυφόροι αυτοί είναι σε θέση να παρέχουν εικόνες υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας που φτάνει κάτω του ενός μέτρου και ως εκ τούτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια πληθώρα εφαρμογών πάνω σε διάφορους τομείς.

Οι πληροφορίες που λαμβάνουμε από τηλεπισκοπικούς ανιχνευτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν από μια απλή απεικόνιση ενός τμήματος της επιφάνειας του πλανήτη έως το υπολογισμό μεταβολής του αναγλύφου μετά από ένα σεισμικό γεγονός. Πολλοί επιστημονικοί τομείς αξιοποιούν τα δεδομένα αυτά για ειρηνικούς σκοπούς, ο καθένας σύμφωνα με τις ανάγκες του: μετεωρολόγοι για την παρακολούθηση της ατμόσφαιρας και την πρόβλεψη του καιρού, χωροτάκτες για το σχεδιασμό χρήσεων γης, βιολόγοι για τη μελέτη των οικοσυστημάτων και την εφαρμογή και δοκιμή μοντέλων, γεωπόνοι για την αποτελεσματικότερη εκμετάλλευση γεωργικών εκτάσεων, δασολόγοι για την πρόγνωση και παρακολούθηση δασικών πυρκαγιών, ωκεανογράφοι για τη χαρτογράφηση των βιοφυσικών παραμέτρων των ωκεανών, γεωλόγοι για τον εντοπισμό κοιτασμάτων, τοπογράφοι για την δημιουργία ψηφιακών μοντέλων εδάφους κ.α..

Αρκετές από τις προηγούμενες εφαρμογές αποτελούν φαινόμενα μεγάλης κλίμακας για τη μελέτη των οποίων η χρήση δορυφορικών συστημάτων αποτελεί πρόσφορη μέθοδο καθώς έχουν δυνατότητες που δεν διαθέτει καμία άλλη τεχνολογία, ιδίως σε ότι αφορά στην κάλυψη ολόκληρου του πλανήτη, στη χρήση διάφορων περιοχών του φάσματος και στη συχνή μέτρηση παραμέτρων σε περιοχές που συχνά είναι απρόσιτες για άλλα μέσα. Παράλληλα η δορυφορική τηλεπισκόπηση χρησιμοποιείται για τη μελέτη φαινομένων περιορισμένης χωρικής κλίμακας, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τις αλλαγές στο αστικό περιβάλλον.

### 1.7 Ταξινομήσεις κάλυψης γης

Η επιστήμη της Τηλεπισκόπησης βασίζεται στη δυνατότητα καταγραφής διαφοροποιήσεων του επιφανειακού ανάγλυφου ή στη δυνατότητα αναγνώρισης διαφοροποιήσεων της επιφανειακής σύστασης του εδάφους και δίδει σημαντική πληροφορία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ενημέρωση χαρτών. Ειδικά για τη χαρτογράφηση της κάλυψης γης βασικό ρόλο παίζουν οι διαφοροποιήσεις στη βλάστηση ή ανθρωπογενείς κατασκευές. Επίσης, πολλές φορές είναι χαρακτηριστική η φασματική απόκριση των διαφόρων συστατικών του εδάφους ή των υδάτινων επιφανειών στη θερμική περιοχή του φάσματος. Η εξέταση των φασματικών χαρακτηριστικών της βλάστησης και του εδάφους δίδει μία ένδειξη της δυνατότητας αναγνώρισης τους στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος.

Η τηλεπισκόπηση σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών προσφέρουν τη δυνατότητα ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης και διαχείρισης των φυσικών οικοσυστημάτων. Οι δυνατότητες της τηλεπισκόπησης στη περιβαλλοντική έρευνα, δεν αξιοποιούνται πάντα σε όλο το εύρος των δυνατών εφαρμογών τους γιατί απαιτείται παράλληλη χρήση τόσο των

εξειδικευμένων τεχνικών επεξεργασίας εικόνας όσο και των Γ.Σ.Π., μ' ένα σχετικά υψηλό κόστος που δεν είναι πάντα διαθέσιμο.

Τα τελευταία χρόνια λόγω του σύγχρονου τρόπου ζωής που επιτάσσει τη συσσώρευση των περισσότερων οικονομικών δραστηριοτήτων σε μεγάλα αστικά συγκροτήματα, παρατηρείται μία υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος μέσα από αλόγιστες και καταχρηστικές επεμβάσεις στις χρήσεις γης.

Το ενδιαφέρον μας αναπόφευκτα στρέφεται προς τις καλύψεις γης, και αυτό οφείλεται στη συνειδητοποίηση και επίγνωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που απορρέουν από τις μεταβολές τους. Υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος έχει προκληθεί από ανεξέλεγκτες ανθρωπογενείς επεμβάσεις οι οποίες έχουν εξαντλήσει την ικανότητα ανανέωσης των φυσικών διαθέσιμων της γης. Κάποια φαινόμενα που καταδεικνύουν ότι θα πρέπει να δράσουμε άμεσα για την προστασία του περιβάλλοντος, είναι τα εξής:

- Συνεχής οικιστική ανάπτυξη.
- Εγκατάλειψη της γεωργικής γης.
- Διάβρωση και ερημοποίηση των εδαφών.
- Ξήρανση των υδάτινων επιφανειών.
- Εκχέρσωση, αποψίλωση και βίαιη αλλαγή της χρήσης των δασών.
- Περιορισμός της βιοποικιλότητας.

Μία στοχευμένη δράση προς αυτήν την κατεύθυνση θα ήταν η διαμόρφωση και υλοποίηση περιβαλλοντικής πολιτικής η οποία θα λάμβανε υπόψη και θα αξιοποιούσε τις πληροφορίες για την κάλυψη γης. Η ανάλυση των δεδομένων κάλυψης γης θα πρέπει να γίνει με περιβαλλοντικούς όρους ώστε να κατανοηθούν τα τυχόν προβλήματα και να υπάρξει βελτίωση ή διατήρηση των υφιστάμενων συνθηκών στα εκάστοτε επίπεδα. Ο συνδυασμός των πληροφοριών αυτών με άλλα δεδομένα αποδεικνύεται εποικοδομητικός ώστε να βρεθούν λύσεις και να εξαχθούν συμπεράσματα σε ότι αφορά σύνθετα προβλήματα, που υποβαθμίζουν ή απειλούν το φυσικό περιβάλλον.

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές πηγές πληροφοριών για την υπάρχουσα κάλυψη εδάφους και τις προκύπτουσες αλλαγές. Κύρια πηγή είναι οι δορυφορικές εικόνες, με τις οποίες εργαζόμαστε στις περισσότερες περιπτώσεις, αλλά συμπληρωματικές πληροφορίες μπορούμε να αντλήσουμε και από επιτόπου έρευνες στην εκάστοτε περιοχή, οι οποίες περιλαμβάνουν μετρήσεις και παρατήρηση. Επίσης μπορούμε να κάνουμε χρήση αεροφωτογραφιών καθώς και να λάβουμε πληροφορίες από

οικοδομικά σχέδια και τοπογραφικά διαγράμματα της πολεοδομίας αλλά και χάρτες των δασαρχείων.

Παρουσιάζονται όμως δυσκολίες στο συνδυασμό, στην εφαρμογή και στην ερμηνεία των παραπάνω δεδομένων οι οποίες οφείλονται στις αλλαγές στους ορισμούς των κατηγοριών κάλυψης γης, στις διαφορετικές μεθόδους συλλογής δεδομένων, στις ποικίλες ηλικίες των δεδομένων και στην υιοθέτηση μη συμβατών συστημάτων ταξινόμησης. Είναι εμφανής λοιπόν η ανάγκη για τυποποιημένα δεδομένα κάλυψης γης και για ένα σύστημα ταξινόμησης δεδομένων κάλυψης γης που λήφθηκαν κυρίως με τη χρήση τεχνικών Τηλεπισκόπησης το οποίο να είναι συμβατό με τα ήδη υπάρχοντα.

Οι τεχνικές Τηλεπισκόπησης και τα Γ.Σ.Π. μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συμπληρώσουν έρευνες βασισμένες σε επίγειες παρατηρήσεις και μετρήσεις. Συγχρόνως, οι τεχνικές επεξεργασίας δεδομένων επιτρέπουν την αποθήκευση μεγάλου όγκου λεπτομερών δεδομένων, τα οποία μπορούν να οργανωθούν με διάφορους τρόπους ώστε να ικανοποιούν συγκεκριμένες ανάγκες. Έτσι μπορεί να δημιουργηθεί ένας έγκαιρος και ακριβής κατάλογος της κάλυψης γης.

### 1.8 Στόχος εργασίας

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η ανάλυση δορυφορικών εικόνων της ευρύτερης περιοχής του δήμου Λαρισαίων με την μέθοδο των χρονολογικών σειρών, με σκοπό την ανάδειξη των διαχρονικών αλλαγών και μεταβολών των καλύψεων γης. Η διαχρονική παρακολούθηση βασίζεται στην επεξεργασία δορυφορικών εικόνων της περιοχής μελέτης με τεχνικές Τηλεπισκόπησης. Από την επεξεργασία αυτή προκύπτουν θεματικοί χάρτες με την κάλυψη γης της περιοχής μελέτης, οι οποίοι συγκρίνονται μεταξύ τους και παράγουν νέους θεματικούς χάρτες που απεικονίζουν τις μεταβολές ή μη στους διάφορους τύπους κάλυψης γης, κατά το χρονικό διάστημα που μελετάται. Από αυτή τη μελέτη προκύπτουν συμπεράσματα για το είδος και το μέγεθος των μεταβολών που έλαβαν χώρα στην κάλυψη γης καθώς και γενικότερα συμπεράσματα-προτάσεις για τις μεθόδους ταξινόμησης και εντοπισμού μεταβολών με τη χρήση τεχνικών Τηλεπισκόπησης.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

### Περιοχή μελέτης

#### 2.1 Εισαγωγή

Η Λάρισα είναι πόλη της Θεσσαλίας πρωτεύουσα του ομώνυμου νομού αλλά και της Περιφέρειας Θεσσαλίας. Επίσης, αποτελεί την έδρα της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας. Αποτελεί σημαντικό εμπορικό κέντρο και κόμβο επικοινωνιών και συγκοινωνιών. Ο μόνιμος πληθυσμός του Δήμου Λαρισαίων, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ανέρχεται σε 162.591 κατοίκους, με τον μόνιμο πληθυσμό της Περιφερειακής Ενότητας Λάρισας (πρώην Νομαρχίας) να ανέρχεται σε 284.325 κατοίκους (2011), καθιστώντας την μία από τις μεγαλύτερες πόλεις της χώρας και τη μεγαλύτερη του Θεσσαλικού διαμερίσματος. Η πόλη της Λάρισας, έχει πληθυσμό 144.651 κατοίκους, καταλαμβάνει έκταση 19.000 στρεμμάτων και διαρρέεται από τον Πηνειό ποταμό. Η ευρύτερη περιοχή της Λάρισας, που περιλαμβάνει τις περιοχές: Γιάννουλη, Φαλάνη, Τερψιθέα, Δασοχώρι, Ομορφοχώρι, Μελισσοχώρι, Γαλήνη, Πλατύκαμπος, Νίκαια, Κουλούρι, αριθμεί 167.696 κατοίκους. (URL 1)



Αποτελεί μια αστική περιοχή με έναν από τους δυναμικότερους ρυθμούς ανάπτυξης στη χώρα. Αυτό δικαιολογείται εύκολα, λόγω τριών παραγόντων:

- Της θέσης. Βρίσκεται στο κέντρο τόσο της περιφέρειας Θεσσαλίας όσο και της χώρας, και έτσι λόγω των παραπάνω παραγόντων αποτελεί το διοικητικό κέντρο της περιφέρειας και συγκοινωνιακό κέντρο όλης της Ελλάδας ιδιαίτερα λόγω του οδικού άξονα Π.Α.Θ.Ε. και του σιδηροδρόμου.
- Της πεδινής καλλιεργήσιμης ενδοχώρας, που έχει επηρεάσει την κοινωνική και οικονομική διαστρωμάτωση των κατοίκων.
- Του ρυθμού φυσικής αύξησης του πληθυσμού. Ο ρυθμός αυτός σε σύγκριση με άλλες αστικές περιοχές μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητικός, αναδεικνύοντας παράλληλα τα σημερινά όρια αλλά και τις υπάρχουσες δυνατότητες της πόλης. Ο πληθυσμός της πόλης μπορεί να χαρακτηριστεί ως νεανικός, κάτι που αποτελεί ένδειξη της δυναμικής του αναφορικά με την μελλοντική εξέλιξη.

## 2.2 Γεωγραφικά στοιχεία περιοχής

Η πόλη της Λάρισας είναι χτισμένη στις δύο όχθες του Πηνειού ποταμού και βρίσκεται στο κέντρο του ανατολικού τμήματος της θεσσαλικής πεδιάδας το οποίο και καταλαμβάνει σχεδόν εξ ολοκλήρου ο νομός της Λάρισας με ένα μικρό τμήμα της να βρίσκεται στον νομό Μαγνησίας ενώ το υψόμετρο της από το επίπεδο της Θάλασσας είναι στα 72 μέτρα. Τα βουνά που περικλείουν την πόλη είναι τα εξής, από τα ανατολικά τα όρη Όσσα (1972 μ.) και Μαυροβούνι (1.054 μ.), από βόρεια ανατολικά τα όρη Κάτω Όλυμπος (1.587 μ.), και Όλυμπος (2.918 μ.), από βόρεια δυτικά το όρος Μελούνια και βόρεια ανατολικά το όρος Τίτανος (693 μ.). Σήμερα στην ευρύτερη περιοχή της Λάρισας δεν υπάρχει κάποια φυσική λίμνη, παρά μόνο τεχνητοί ταμιευτήρες για την εξυπηρέτηση των αρδευτικών αναγκών του θεσσαλικού κάμπου, αφού η λίμνη Κάρλα ή Βοιβής όπως ήταν το όνομα της κατά την αρχαιότητα αποξηράνθηκε το 1962 με σκοπό την καταπολέμηση επιδημιών όπως η ελονοσία και την δημιουργία καλλιεργήσιμων εκτάσεων, γεγονός που όμως αποδείχθηκε μοιραίο για την περιοχή και επηρέασε δραστικά το κλίμα της. Σήμερα η λίμνη της Κάρλας έχει εν μέρει ανασυσταθεί.

Ο Πηνειός είναι ο κύριος και αξιολογότερος ποταμός της Θεσσαλίας, πηγάζει από την Πίνδο, περνάει κοντά στην Καλαμπάκα και βγαίνει στη θεσσαλική πεδιάδα. Ο Πηνειός ποταμός βρίσκεται στο κεντρικό διαμέρισμα της ηπειρωτικής Ελλάδας, στη Θεσσαλία. Το συνολικό μήκος του ποταμού είναι 216km και η συνολική του επιφάνεια 9.500 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Σε όλο το μήκος του ποταμού ενσωματώνονται πάρα πολλοί παραπόταμοι, με κυριότερους τον Τιταρήσιο, τον Ενιπέα, τον Καλέτζη και τον Ληθαίο. Ο Πηνειός μαζί με τους παραπόταμους του αποτελεί για τη Θεσσαλία το μοναδικό υδάτινο αποδέκτη. Η Θεσσαλική περιοχή, με έναν πληθυσμό περίπου 500.000 κατοίκων, είναι κυρίως γεωργική με μικρή βιομηχανική δραστηριότητα. Οι ανάγκες πόσιμου νερού της Λάρισας καλύπτονταν μέχρι το 1986 αποκλειστικά από τον Πηνειό. Όμως η συνεχώς αυξανόμενη κατανάλωση νερού και η αύξηση της καλλιέργειας βαμβακιού στη θεσσαλική πεδιάδα, η οποία απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού, σε συνδυασμό με τη ρύπανση του ποταμού από φυτοφάρμακα, οδήγησε στην αναζήτηση νέων πηγών νερού. Έτσι από το 1990, οι ανάγκες πόσιμου νερού της Λάρισας καλύπτονται 100% από υπόγεια νερά που προέρχονται από γεωτρήσεις.

Ο Πηνειός σχηματίζεται από τη συμβολή του Μαλακασιώτικου ρέματος που πηγάζει από το βουνό Λάκμος και του ρέματος Μουργκάνι που πηγάζει από την Αντιχάσια. Το μήκος του φτάνει τα 205m και είναι ο τρίτος σε μήκος ποταμός της χώρας. Η λεκάνη απορροής του καλύπτει έκταση 10.700 τετραγωνικά χιλιόμετρα, το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 779mm, ο μέσος ετήσιος όγκος νετού  $7.965 \times 1.000.000$  κυβικά μέτρα και η μέση ετήσια απορροή εκτιμάται σε  $3.500 \times 1.000.000$  κυβικά μέτρα. Διαρρέει τη θεσσαλική πεδιάδα και τροφοδοτείται από τα νερά των παραποτάμων: Ληθαίου, Πορταϊκού, Παμίσου, Σοφαδίτικου, Ενιπέα, Τιταρησίου καθώς και τα νερά από την εκτροπή του Ταυρωπού στην περιοχή Καρδίτσας. Μετά τη Λάρισα δημιουργεί έντονους μαιανδρισμούς, διέρχεται την κοιλάδα των Τεμπών και εκβάλλει στο Αιγαίο σχηματίζοντας μικρό Δέλτα. Παρουσιάζει ήρεμη ροή, η οποία δημιουργεί προσχώσεις και συχνά προκαλεί πλημμύρες στις περιοχές Ζάρκου και Γόνων κυρίως.

Παλαιότερα με τα πλημμυρικά νερά του ετροφοδοτείτο η λίμνη Κάρλα, της οποίας η έκταση έφτανε και μέχρι τα 180 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Μετά τη δημιουργία του αναχώματος στην κοίτη του Πηνειού, η Κάρλα απέκτησε δική της υδρολογική λεκάνη. Δέχεται σημαντική ρύπανση από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα καθώς και από την εντατική γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα που χαρακτηρίζει τη θεσσαλική πεδιάδα. Έχει υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις από τον εγκυβωτισμό της κοίτης του, την κατασκευή αρδευτικών δικτύων, των προσωρινών φραγμάτων και τις υπεραντλήσεις.

Κατά τους θερινούς μήνες που οι απαιτήσεις σε νερό είναι μεγάλες και υπάρχει και μείωση της παροχής του ποταμού, οι συνέπειες από τη ρύπανση είναι πλέον εμφανείς και έντονες. Με τα νερά του αρδεύονται περί τα 80.000 στρέμματα και παράλληλα υδροδοτούνται οικισμοί της Θεσσαλίας. Διαθέτει σημαντικά παραποτάμια δάση, μεγάλη ποικιλότητα στην πανίδα και εκτεταμένες θίνες στο Δέλτα του.

### 2.3 Κλίμα περιοχής

Το κλίμα της Λάρισας έχει τα στοιχεία του ηπειρωτικού κλίματος της πεδινής Θεσσαλίας με ετήσιες διαφορές μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας άνω των 22 °C. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15,7 °C βαθμοί κελσίου. Η μέση ετήσια βροχόπτωση στην πόλη κυμαίνεται στα 425 χιλιοστά.

Πίνακας κλιματικών στοιχείων Λάρισας

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μάι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Μέγιστη Μηνιαία θερμοκρασία (°C)	9.8	12.0	14.7	19.6	25.7	31.0	33.1	32.6	28.4	22.2	15.8	11.1
Ελάχιστη Μηνιαία θερμοκρασία (°C)	0.7	1.3	3.3	6.2	10.9	15.0	17.7	17.3	14.0	10.0	5.8	2.0
Απόλυτα ρεκόρ θερμοκρασίας (°C)	-	-21.6	-	-	-	-	-	45.4	-	-	-	-
Μέση μηνιαία Βροχόπτωση (mm)	32.5	31.7	36.7	33.0	38.2	25.6	19.0	16.4	30.2	52.2	56.9	50.8
Μέση Μηνιαία Υγρασία (%)	79.6	75.1	73.4	68.7	61.6	49.2	46.6	50.0	58.9	70.0	79.5	82.2

## 2.4 Οικονομία περιοχής

### Ο πρωτογενής τομέας της οικονομίας

Η πόλη της Λάρισας βρίσκεται στο κέντρο ενός έντονα αγροτικού χώρου, αφού ο Νομός Λάρισας έχει τη μεγαλύτερη καλλιεργούμενη έκταση από όλους τους νομούς της Ελλάδας (2.384,9 τ. χλμ., στοιχεία του 2001). Παρόλο που στη Λάρισα η απασχόληση στον πρωτογενή τομέα κατέχει μόνο το 4,67 %, η οικονομία της, λόγω της θέσης της, επηρεάζεται σημαντικά από αυτόν. Άσχετα με τη γενικότερη μείωση του ποσοστού συμμετοχής του πρωτογενή τομέα στο συνολικό ΑΕΠ, που οφείλεται στις πιέσεις που δέχεται η γεωργία, στον περιορισμό του αγροτικού εισοδήματος, στην μείωση των γεωργικών επαγγελμάτων και την προσπάθεια αναδιάρθρωσης της παραγωγικής δραστηριότητας, ο Ν. Λάρισας έχει μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής σε σχέση με την Περιφέρεια Θεσσαλίας.

Το πεδινό και εύφορο έδαφος, το ικανοποιητικό ποσοστό αρδευόμενων εκτάσεων, το σχετικά μεγάλο μέσο μέγεθος των αγροτεμαχίων και ο υψηλός βαθμός εκμηχάνισης των καλλιεργειών εξασφαλίζουν γενικά αυξημένες στρεμματικές αποδόσεις. Ο πρωτογενής τομέας συντίθεται από πολλές καλλιέργειες, όπως βιομηχανικά φυτά με κύριο το βαμβάκι, σιτηρά, κριθάρι, καλαμπόκι, δημητριακά, ζαχαρότευτλα, καπνά δενδροκαλλιέργειες (μήλα, ροδάκινα, αχλάδια, αμύγδαλα κ.ά.) και αμπελώνες. Εξίσου αξιόλογη είναι και η κτηνοτροφία, που συμμετέχει με ένα μεγάλο ποσοστό στο ακαθόριστο αγροτικό προϊόν του Νομού και της ίδιας της χώρας και καθιστά το Νομό Λάρισας δεύτερο στον τομέα αυτό. Ο Ν. Λάρισας το οικονομικό έτος 2001 ήταν η 1η παραγωγός περιοχή βαμβακιού με, η 2η στην παραγωγή μήλων, σιταριού και γάλακτος με 20%, 10% και 8% αντίστοιχα, η 3η ροδάκινων με 3%, η 4η τομάτας και κρέατος με 9% και 6,4% αντίστοιχα, η 5η τυριού με 5% και η 7η καπνού με 4,7% της παραγωγής.

### Ο δευτερογενής τομέας της οικονομίας

Ο δευτερογενής τομέας, στην περιοχή της Λάρισας κατέχει τη δεύτερη θέση ανάμεσα στους παραγωγικούς τομείς με ποσοστό 22,52 %. Η βαριά βιομηχανία της Λάρισας καταλαμβάνει το 37% της Περιφέρειας Θεσσαλίας και ο κλάδος της βιομηχανίας-βιοτεχνίας μεταποίησης αγροτικών προϊόντων το 38% της Περιφέρειας. Βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις υπάρχουν τόσο μέσα στη πόλη όσο και στις παρυφές της, κατά μήκος των βασικών αρτηριών. Είναι εργοστάσια χαρτοπολτού, εκκοκκιστήρια βαμβακιού, υφαντουργεία, νηματουργεία, αλευροβιομηχανίες, βιομηχανίες ξύλου και ειδών διατροφής, μεταξουργεία, κεραμοποιεία, καπνοβιομηχανίες, σαπωνοποιεία κ.α.

Κύριες γραμμικές αναπτύξεις βιομηχανικών και βιοτεχνικών εγκαταστάσεων είναι οι άξονες εισόδου και εξόδου στην πόλη όπως οι οδοί Φαρσάλων, Σωκράτους, Ιωαννίνων, Ε.Ο. Κοζάνης, Π.Ε.Ο. Βόλου και το τμήμα της παλιάς Ε.Ο. Αθήνας – Θεσσαλονίκης που διασχίζει την πόλη όπου υπάρχουν συγκεντρώσεις μικρών βιοτεχνιών. Οι συγκεντρώσεις αυτές βρίσκονται είτε σε αναπτυσσόμενες περιοχές κατοικίας είτε σε περιοχές όπου δημιουργούνται νέες προοπτικές ανάπτυξης και ξεπερνούν τα όρια του Δήμου Λάρισας, εισχωρώντας στις εκτάσεις των γύρω κοινοτήτων και φτάνοντας συνήθως μέχρι τους αντίστοιχους οικισμούς.

### Ο τριτογενής τομέας της οικονομίας

Κυρίαρχος παραγωγικός τομέας στην ευρύτερη περιοχή Λάρισας είναι ο τριτογενής τομέας, που κατά το 2001 απορροφούσε περισσότερους από τους μισούς απασχολούμενους. Η αναγνώριση της πόλης της Λάρισας ως πόλου για την ανάπτυξη των υπηρεσιών, αρχίζει να διαφαίνεται ειδικότερα μετά το 1981, όπου παρατηρείται μια σαφής αλματώδης αύξηση του τριτογενούς τομέα και αντίστοιχα έντονη μείωση των άλλων δυο τομέων στο συνολικό ΑΕΠ. Η πόλη της Λάρισας είναι χωροθετημένη στο κεντρικότερο σημείο της Ελλάδος. Συγκεντρώνει λειτουργίες οικισμού πρώτου επιπέδου και αποτελεί, μετά την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη, ένα από τα σημαντικότερα αστικά κέντρα της χώρας. Επίσης, βρίσκεται πάνω στον βασικό οδικό και σιδηροδρομικό άξονα της χώρας που ενώνει τα δύο μεγάλα αυτά αστικά κέντρα (βόρεια και νότια Ελλάδα). Παράλληλα συνδέεται με το δυτικό τμήμα της χώρας (Ηπειρος). Τα παραπάνω χαρακτηριστικά την καθιστούν ως μία από τις δυναμικότερες αστικές περιοχές, λόγω της γεωγραφικής της θέσης. Η κεντρική θέση του Νομού Λάρισας σε ότι αφορά τα οδικά δίκτυα της χώρας, η ανάδειξη της πόλης της Λάρισας σε περιφερειακό διοικητικό κέντρο και η γειτνίαση της με σημαντικά τοπικά κέντρα, έστρεψαν τον πληθυσμό σε επιλογές επαγγελματικής ενασχόλησης του τριτογενούς τομέα. Αυτές κυρίως επικεντρώνονται στην εμπορική δραστηριότητα, με κύρια εξαγωγικά προϊόντα τα γεωργικά και τα κλωστοϋφαντουργικά, και στον κλάδο των διαφόρων υπηρεσιών, με έμφαση τη διοίκηση και τον ευρύτερο δημόσιο τομέα, σε ποσοστό 58,4% του ΑΕΠ (URL2).

## 2.5 Η πολεοδομική ανάπτυξη

Μετά την απελευθέρωση από τους Οθωμανούς, η πόλη άρχισε τη μεγάλη προσπάθεια για την αναγέννησή της και τη μεταμόρφωσή της σε συγκοινωνιακό κέντρο. Το 1883, απέκτησε το πρώτο επίσημο ρυμοτομικό σχέδιο. Αρχικά, ο πυρήνας της σημερινής πόλης διαμορφώθηκε μέσα στα όρια του παλιού οθωμανικού αστικού ιστού, ακολουθώντας τα παλιά έργα υποδομής και την προϋπάρχουσα ρυμοτομία. Μετά τον εμφύλιο πόλεμο άρχισε να εισρέει νέος πληθυσμός από την ύπαιθρο σε αναζήτηση μιας καλύτερης ζωής. Την περίοδο εκείνη άρχισαν να αναπτύσσονται βιομηχανικές μονάδες. Επιπλέον, η μορφολογία της πόλης και το γεγονός ότι ήταν χτισμένη επίπεδα ευνοούσε την κυκλοφορία των πολιτών με ποδήλατα, ενώ τα περισσότερα κτήρια ήταν μονώροφα ή διώροφα με αυλή. Στις δεκαετίες του '60 και '70 η ραγδαία αύξηση του πληθυσμού και η έλλειψη έγκαιρης χωροταξικής και πολεοδομικής πολιτικής από την πολιτεία είχαν ως αποτέλεσμα να καταστραφούν πολλά αξιόλογα κτήρια παράλληλα με στοιχεία από την φυσιογνωμία και ταυτότητα της ιστορίας της πόλης. Τα διώροφα σπίτια έγιναν πολυκατοικίες, οι αυλές με τα λουλούδια έγιναν τσιμεντένιες επιφάνειες. Το 1974 εκπονήθηκε νέο Ρυθμιστικό σχέδιο για την πόλη. Το σχέδιο αυτό όμως δεν θεσμοθετήθηκε ποτέ. Σημαντικές επεκτάσεις του σχεδίου πόλης έγιναν το 1976 και το 1979. Η Λάρισα στις αρχές της δεκαετίας του '80, είχε την εικόνα μιας «αναπτυσσόμενης» αλλά απρόσωπης πόλης που δεν θύμιζε σε κανένα πλέον τίποτα από την μακρόχρονη ιστορία της. Φθάνοντας σε οριακό σημείο πλέον, το 1986 θεσμοθετήθηκε το Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο. Το 1988-89 γίνεται νέα επέκταση του σχεδίου πόλης καθώς και αναθεώρηση των σχεδίων των περιοχών επέκτασης του 1976 και 1979. Έτσι, η πόλη οριοθετήθηκε στη σημερινή της έκταση, που περιλαμβάνει 19 πολεοδομικές ενότητες. Σήμερα η Λάρισα θεωρείται μια από τις δυναμικότερες αστικές περιοχές της χώρας, λόγω της γεωγραφικής της θέσης και των φυσικών πόρων της ευρύτερης περιοχής. Βρίσκεται στο κέντρο της Θεσσαλίας, στη καρδιά της Ελλάδας, με έκταση 19.000 στρ. και πληθυσμό περίπου 200.000 κατοίκους (URL1).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### Δεδομένα και επεξεργασία

#### 3.1 Δορυφόρος

Δορυφόρος είναι ένα μη επανδρωμένο διαστημικό όχημα, που τίθεται σε τροχιά γύρω από τη Γη σε ύψος μεταξύ 500 και 35.000 χιλιομέτρων από την επιφάνειά της, και εξοπλισμένο με κατάλληλα όργανα συλλέγει εικόνες και στοιχεία, τα οποία μεταδίδει σε επίγειους σταθμούς. Εξειδικευμένα συστήματα επιτρέπουν στον δορυφόρο να εκτελέσει την αποστολή του. Αυτά περιλαμβάνουν συχνά αισθητήρες μέσω των οποίων μπορούν να απεικονιστούν μια σειρά από μήκη κύματος.

Εξειδικευμένα συστήματα επιτρέπουν στον δορυφόρο να εκτελέσει την αποστολή του. Αυτά περιλαμβάνουν συχνά αισθητήρες μέσω των οποίων μπορούν να απεικονιστούν μια σειρά από μήκη κύματος. Οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι συνήθως δε διαθέτουν όργανα οπτικής ανάλυσης, αντίθετα με τους περιβαλλοντικούς δορυφόρους. Οι περιβαλλοντικοί δορυφόροι μεταδίδουν εικόνες σαν αριθμούς σε έναν υπολογιστή στη Γη, ο οποίος μεταφράζει αυτά τα ψηφιακά δεδομένα σε εικόνες.

Από το 1957, έτος εκτόξευσης του πρώτου δορυφόρου (Sputnik, ΕΣΣ), έως και σήμερα, έχουν εκτοξευτεί και τεθεί σε τροχιά χιλιάδες δορυφόροι, που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ερευνών και εφαρμογών, άλλοι πραγματοποιώντας επιστημονικές παρατηρήσεις και μετρήσεις (επιστημονικοί δορυφόροι) και άλλοι εξυπηρετώντας οικονομικούς και εμπορικούς σκοπούς (δορυφόροι εφαρμογής). Έτσι, μέσω δορυφόρων πραγματοποιούνται αστρονομικές παρατηρήσεις, μετρήσεις κοσμικής ακτινοβολίας, μετεωρολογικές προβλέψεις, γεωλογικές έρευνες, χαρτογράφηση ηπείρων και ωκεανών, περιβαλλοντολογικές έρευνες κ.λπ. και διεξάγονται οι τηλεπικοινωνίες, η ναυσιπλοΐα, η κατασκόπευση στρατηγικών στόχων κ.ά.

#### 3.2 Τύποι δορυφόρων

Πολικής τροχιάς: είναι όταν η τροχιά του δορυφόρου είναι πολύ κοντά στους πόλους της Γης και σχηματίζει σχεδόν 90 μοίρες κάθετα προς τον ισημερινό. Έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να ακολουθούν μια τροχιά από βορρά προς νότο η οποία, σε συνδυασμό με την περιστροφή της Γης δύση προς ανατολή, τους επιτρέπει να καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας της Γης, εντός συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Αυτές είναι σχεδόν πολικές τροχιές, και ονομάζονται έτσι εξαιτίας της κλίσεως της τροχιάς προς τη νοητή γραμμή που διατρέχει τη Γη μεταξύ Βόρειου και Νότιου πόλου. Ο ακριβής αριθμός ημερών σε αυτόν τον επαναλαμβανόμενο κύκλο διαφέρει και εξαρτάται από το ακριβές υψόμετρο του δορυφόρου και τη γωνία κλίσης της τροχιάς του. Το μειονέκτημα μιας τροχιάς με μικρότερη γωνία είναι ότι ο δορυφόρος δεν βλέπει την επιφάνεια της Γης κοντά στο

Βόρειο και το Νότιο πόλο. Το υψόμετρο του δορυφόρου επηρεάζει τη λεπτομέρεια που ανιχνεύεται. Σε μεγαλύτερες αποστάσεις από τη Γη, ο δορυφόρος επισκέπτεται την ίδια περιοχή πιο συχνά, αλλά λαμβάνει πληροφορίες με μικρότερη λεπτομέρεια. Σε μικρότερες αποστάσεις, ο δορυφόρος επισκέπτεται την ίδια περιοχή λιγότερο συχνά, αλλά λαμβάνει πιο λεπτομερείς πληροφορίες. Οι δορυφόροι επηρεάζονται από την βαρύτητα της Γης, η οποία τους έλκει προς αυτήν. Τελικά, ο δορυφόρος σύρεται μέσα στην ατμόσφαιρα της Γης, όπου και καταστρέφεται. Για να διασφαλιστεί ότι η ζωή ενός δορυφόρου είναι τουλάχιστον πέντε χρόνια, το ύψος της τροχιάς του πρέπει να είναι τουλάχιστον 450 χλμ. Οι περισσότεροι μη επανδρωμένοι δορυφόροι τηλεπισκόπησης λειτουργούν στα 800χλμ.

Γεωσύγχρονης τροχιάς: είναι η τροχιά αυτή που έχει περίοδο (χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση μίας περιστροφής του δορυφόρου γύρω από τη Γη) ίση με τον χρόνο περιστροφής της Γής γύρω από τον εαυτό της. Αυτό το είδος δορυφόρου “βλέπει” μόνο ένα σταθερό σημείο της Γής. Οι δορυφόροι γεωσύγχρονης τροχιάς είναι οι πιο οικονομικοί για επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις σε σχέση με τα υπερπόντια καλώδια. Βρίσκονται σε τροχιά 22.300 μιλίων από την επιφάνεια της γης (35.800 km). Συμπληρώνουν μια τροχιά κάθε 24 ώρες (23 ώρες, 56 λεπτά και 4,09 δευτερόλεπτα, κινούνται με ταχύτητα 7.000 μίλια την ώρα από την ανατολή στη δύση) και βρίσκονται πάνω από τον Ισημερινό της γης. Επειδή κινούνται με την ίδια ταχύτητα και κατεύθυνση με τη γη φαίνονται ακίνητοι όταν παρατηρούνται από ένα συγκεκριμένο σημείο. Ο πρώτος επικοινωνιακός δορυφόρος αυτού του είδους ήταν ο Syncom 2, τον οποίο έθεσε σε τροχιά η NASA (National Aeronautics and Space Administration) το 1963. Τα κύρια κανάλια συχνοτήτων που χρησιμοποιούν αυτού του είδους οι δορυφόροι είναι το κανάλι ζώνης C (4–6 GHz) και Ku (12–14 GHz).

Ηλιοσύγχρονη τροχιά: ο προσανατολισμός του τροχιακού επιπέδου είναι σχετικός με το Ήλιο.

### 3.3 Κατηγορίες των δορυφόρων

Οι δορυφόροι χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι, που διεκπεραιώνουν τηλεφωνικές συνδιαλέξεις, αναμεταδίδουν τηλεοπτικά προγράμματα, δεδομένα κ.λπ.
- οι δορυφόροι πλοήγησης, που αποτελούν τη βάση ενός συστήματος προσανατολισμού και καθορισμού πορείας, κυρίως για αεροπλάνα και πλοία αλλά και των ατομικών συσκευών πλοήγησης (GPS).
- οι δορυφόροι γεωλογικών ερευνών, που χρησιμοποιούνται τόσο για τον εντοπισμό ορυκτών κοιτασμάτων και την παρατήρηση γεωλογικών σχηματισμών όσο και για τη συλλογή σεισμολογικών δεδομένων.
- οι μετεωρολογικοί δορυφόροι, οι οποίοι συλλέγουν μετεωρολογικά δεδομένα.

- οι δορυφόροι περιβάλλοντος. Είναι δορυφόροι που μελετούν το χερσαίο και θαλάσσιο περιβάλλον και καταγράφουν τα φαινόμενα και τις μεταβολές που συμβαίνουν σ' αυτό, καθώς και στην ατμόσφαιρα του πλανήτη.

Οι περιβαλλοντικοί δορυφόροι συλλέγουν εικόνες και στοιχεία, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για την αντιμετώπιση της ρύπανσης του περιβάλλοντος, την πρόγνωση μετεωρολογικών φαινομένων, την πρόληψη και τον εντοπισμό πυρκαγιών, την παρακολούθηση καλλιεργειών, την αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών, καθώς και για την έρευνα, με απώτερο στόχο τη βελτίωση της ζωής σε όλο τον πλανήτη. Οι δορυφόροι περιβάλλοντος είναι εξελιγμένοι τεχνολογικά και έχουν δυνατότητα παρατήρησης όλο το 24ωρο. Είναι εξοπλισμένοι με όργανα υψηλής διακριτικής ικανότητας (ραδιόμετρα, μονάδα διερεύνησης με μικροκύματα, ανιχνευτές υπέρυθρης ακτινοβολίας, ανιχνευτές πρωτονίων και νετρονίων) και χαρτογραφούν όλα τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τη βλάστηση, την επιφανειακή θερμοκρασία ποταμών, λιμνών και θαλασσών, τις περιοχές με ηφαιστειακή δραστηριότητα, τις μετεωρολογικές μεταβολές και τα νέφη τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, καθώς και την κατάσταση του όζοντος της στρατόσφαιρας. Τα στοιχεία που συλλέγουν περνούν από επεξεργασία και μετατρέπονται σε εικόνες υψηλής ευκρίνειας. Σ' αυτές χρησιμοποιούνται διαφορετικά χρώματα, για να απεικονιστούν οι διαφορές μεταξύ των περιοχών και οι διακυμάνσεις που παρουσιάζει το κάθε υπό μέτρηση μέγεθος σ' αυτές.



## 3.4 Δορυφόροι

**QUICKBIRD**  
[EURIMAGE](#)

ΕΙΔΟΣ	ΠΑΝΧΡΩΜΑΤΙΚΟ PAN	ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟ MS
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	0.61m	2.5m
ΚΑΝΑΛΙΑ	1 (στο ορατό τμήμα του φάσματος)	4 (κόκκινο, πράσινο, μπλε & εγγύς υπέρυθρο)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ 16,5Km ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΙΚΟΝΑΣ (Σκηνή) 16,5Km X 16,5Km = 272 Km <sup>2</sup> ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΟΡΘΟ-ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΜΕ ΜΟΝΟ 2-3 GCPS (RATIONAL POLYNOMIAL COEFFICIENTS)	

**SPOT5**  
[SPOTIMAGE](#)

ΕΙΔΟΣ	ΠΑΝΧΡΩΜΑΤΙΚΟ PAN	ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟ MS	
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	5m (& 2.5M resampled)	10m	20m
ΚΑΝΑΛΙΑ	1 (στο ορατό τμήμα του φάσματος)	3 (κόκκινο, πράσινο, μπλε)	1 (εγγύς υπέρυθρο)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ 60Km ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΙΚΟΝΑΣ (Σκηνή) 60Km X 60Km = 3600 Km² ΑΥΞΗΜΕΝΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΛΗΨΕΩΝ		

**SPOT4**  
[SPOTIMAGE](#)

ΕΙΔΟΣ	ΠΑΝΧΡΩΜΑΤΙΚΟ PAN	ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟ MS
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	10m	20m
ΚΑΝΑΛΙΑ	1 (στο ορατό τμήμα του φάσματος)	4 (κόκκινο, πράσινο, μπλε & εγγύς υπέρυθρο)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ 60Km ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΙΚΟΝΑΣ (Σκηνή) 60Km X 60Km = 3600 Km <sup>2</sup> ΑΥΞΗΜΕΝΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΣΤΕΡΕΟΣΚΟΠΙΚΩΝ ΛΗΨΕΩΝ	

**IKONOS**  
[EUROPEAN SPACE  
IMAGING](#)

ΕΙΔΟΣ	ΠΑΝΧΡΩΜΑΤΙΚΟ PAN	ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟ MS
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	1m	4m
ΚΑΝΑΛΙΑ	1 (στο ορατό τμήμα του φάσματος)	4 (κόκκινο, πράσινο, μπλε & εγγύς υπέρυθρο)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ 13Km ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΙΚΟΝΑΣ (Σκηνή) 13Km X 13Km = 169 Km <sup>2</sup> ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΟΡΘΟ-ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΜΕ ΜΟΝΟ 2-3 GCPS (RATIONAL POLYNOMIAL COEFFICIENTS)	

**ORBVIEW-3**  
[GEOEYE](#)

ΕΙΔΟΣ	ΠΑΝΧΡΩΜΑΤΙΚΟ PAN	ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟ MS
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	1m	4m
ΚΑΝΑΛΙΑ	1 (στο ορατό τμήμα του φάσματος)	4 (κόκκινο, πράσινο, μπλε & εγγύς υπέρυθρο)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ 8Km ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΙΚΟΝΑΣ = 169 Km <sup>2</sup> ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΟΡΘΟ-ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΜΕ ΜΟΝΟ 2-3 GCPS (RATIONAL POLYNOMIAL COEFFICIENTS)	

**EROS**  
[RADARSAT Intl.](#)

ΕΙΔΟΣ	ΠΑΝΧΡΩΜΑΤΙΚΟ PAN
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	1.8m
ΚΑΝΑΛΙΑ	1 (στο ορατό τμήμα του φάσματος)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ 13.5Km ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΙΚΟΝΑΣ (Σκηνή) 13.5Km X 13.5Km = 182.25 Km <sup>2</sup>

**IRS**  
[EURIMAGE](#)

ΕΙΔΟΣ	ΠΑΝΧΡΩΜΑΤΙΚΟ PAN	ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟ MS	
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	5m	23m	70m
ΚΑΝΑΛΙΑ	1 (στο ορατό τμήμα του φάσματος)	3 (πράσινο, μπλε & εγγύς υπέρυθρο)	1 (μέσο υπερυθρο)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΛΑΤΟΣ ΣΑΡΩΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ 70Km PLATFORM LISS-III		

**LANDSAT7  
ETM+**  
[EURIMAGE](#)

ΕΙΔΟΣ	ΠΑΝΧΡΩΜΑΤΙΚΟ PAN	ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟ MS	
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	15m	30m	60m
ΚΑΝΑΛΙΑ	1	6	1 (θερμικό υπερυθρο)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΙΚΟΝΑΣ (Σκηνή) 183Km X 172.5Km		

**LANDSAT5 TM**  
[EURIMAGE](#)

ΕΙΔΟΣ	ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΟ MS	
ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ	30m	120m
ΚΑΝΑΛΙΑ	6	1 (θερμικό υπερυθρο)
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΕΜΒΑΔΟΝ ΕΙΚΟΝΑΣ (Σκηνή) 183Km X 172.5Km	

### 3.5 Δορυφορικές εικόνες

Τα κύρια δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε μια έρευνα εντοπισμού μεταβολών στην κάλυψη γης είναι οι δορυφορικές εικόνες, όπου θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση κατά την επιλογή τους, ειδικότερα στις ημερομηνίες λήψης καθώς και στη χωρική διακριτική τους ικανότητα. Με την προϋπόθεση ότι το σύστημα απεικόνισης καταγράφει μια εικόνα της ίδιας περιοχής σε κανονικά διαστήματα και την ίδια ώρα της ημέρας, συνηθίζεται να επιλέγονται εικόνες που έχουν ληφθεί κατά τις ίδιες ημερομηνίες και ώρες. Με αυτό τον τρόπο ελαχιστοποιούνται οι διαφορές στην ανάκλαση λόγω εποχιακών μεταβολών στη βλάστηση, οι διαφορές στην υγρασία εδάφους ή οι διαφορές λόγω γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας ή ισοδύναμα ύψους του ήλιου.

Αναλυτικότερα, η γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας επηρεάζει αφενός το ποσοστό φωτισμού, το οποίο ανακλάται ή εκπέμπεται από το δέκτη και αφετέρου την ποιότητα του φάσματος. Όσο η έκταση και η γωνία του φωτισμού αλλάζει, τόσο η αντίθεση (το κοντράστ) μεταξύ του αντικειμένου και του φόντου (περιβάλλοντος) μεταβάλλεται. Επιπλέον, στις μικρές γωνίες του ήλιου (χαμηλό το ύψος του ήλιου), οι σκιές των (ομοιόμορφων) αντικειμένων τονίζονται έτσι ώστε να αυξάνεται η ικανότητα διάκρισης (εντοπισμού) των ορίων μεταξύ των αντικειμένων (Αστάρας, 2010).

Επίσης υπάρχουν βέλτιστες ημερομηνίες του έτους για εντοπισμό μεταβολών σε μια συγκεκριμένη περιοχή και συγκεκριμένη εφαρμογή. Για παράδειγμα, σε μελέτες κάλυψης γης είναι σημαντικό τα δεδομένα να έχουν αποκτηθεί κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Αυτό είναι λογικό διότι το καλοκαίρι η ανάκλαση της φυσικής βλάστησης βρίσκεται στο μέγιστο, η υγρασία του εδάφους είναι σχετικά περιορισμένη και οι κλιματικές συνθήκες είναι κατάλληλες, ώστε οι δορυφορικές εικόνες να είναι καθαρότερες και χωρίς σύννεφα.

Οι δορυφορικές εικόνες χωρίζονται ανάλογα με την διακριτική τους ικανότητα (μέγεθος pixel) σε:

Εικόνες πολύ υψηλής ανάλυσης (Quickbird, Ikonos, Eros, Spot5)  $\leq 5\text{m}$

Εικόνες υψηλής ανάλυσης (Spot3-4,) από  $5.1\text{m} < 20\text{m}$

Εικόνες μέσης ανάλυσης (Landsat, IRS) από  $20\text{m} \leq 30\text{m}$

Εικόνες χαμηλής ανάλυσης (NOOA, Meteosat) πάνω από  $30\text{m}$

Οι δορυφορικές εικόνες επίσης χωρίζονται ανάλογα με τα φασματικά τους χαρακτηριστικά σε:

Πολυφασματικές: Διαθέτουν τουλάχιστον τρία κανάλια στο ορατό τμήμα του φάσματος (R,G,B) / συνήθως πολλές από αυτές διαθέτουν και κανάλι στο εγγύς υπέρυθρο που είναι κατάλληλο για τη μελέτη της βλάστησης (υγής βλάστηση,

επίπεδα χλωροφύλλης κτλ.), χαρακτηριστικά δηλαδή που δεν φαίνονται με το ανθρώπινο μάτι.

Παγχρωματικές: Είναι ασπρόμαυρες, έχουν καλύτερη διακριτική ικανότητα από τις αντίστοιχες τους πολυφασματικές και διαθέτουν ένα κανάλι στο ορατό τμήμα του φάσματος.

### 3.6 Δορυφόροι Landsat

Οι σημαντικότεροι δορυφόροι, οι δέκτες των οποίων δίνουν απεικονίσεις που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη χαρτογράφηση των ποιοτικών και γεωμετρικών χαρακτηριστικών της γήινης επιφάνειας, είναι οι δορυφόροι Landsat. Οι δορυφορικές εικόνες Landsat παρέχουν μια σχεδόν ορθογραφική προβολή της επιφάνειας της γης και επομένως ικανοποιητική ακρίβεια για χαρτογράφηση σε κλίμακα 1: 50.000 και μικρότερη (Astaras and Silleos, 1984).

Συγκεκριμένα, οι πολυφασματικές απεικονίσεις από τον δέκτη MSS, χρησιμοποιούνται ευρύτατα για την χαρτογράφηση υδάτινων επιφανειών, την οριοθέτηση εδαφικών τύπων, την αναγνώριση καλλιεργειών και τη μελέτη των καλύψεων γης. Οι απεικονίσεις του δέκτη TM (Thematic Mapper) παρέχουν τη δυνατότητα διάκρισης του εδάφους από τη βλάστηση και χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση τεχνητών επιφανειών, την αναγνώριση γεωλογικών μορφών, την χαρτογράφηση παράκτιων περιοχών κ.λπ. (Πασιάκου, 2009).

Οι δορυφορικές εικόνες LANDSAT αποτελούν τις πιο παλιές εμπορικά διαθέσιμες εικόνες. Ο πρώτος δορυφόρος LANDSAT εκτοξεύτηκε το 1972 και από τότε πέντε συνολικά δορυφόροι έχουν εκτοξευθεί επιτυχώς. Μερικά από τα χαρακτηριστικά τους είναι:

Περισσότερα από 16 χρόνια συνεχών λήψεων. Το μεγαλύτερο τμήμα της Γης έχει συλλεχθεί περισσότερες από 350 φορές.

Έξι φασματικά κανάλια πολυφασματικής εικόνας σε ανάλυση 30m και ταυτόχρονη λήψη του παγχρωματικού καναλιού σε ανάλυση 15m.

Ένα θερμικό κανάλι σε ανάλυση 60m.

Στον ακόλουθο πίνακα φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά όλων των δορυφόρων LANDSAT.

ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΚΤΟΞΕΥΣΗΣ	ΤΕΛΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ	ΥΨΟΣ ΠΤΗΣΗΣ	ΓΩΝΙΑ	REVISIT ΣΤΟΝ ΙΣΗΜΕΡΙΝΟ	ΔΕΚΤΕΣ
LANDSAT 1	23/07/1972	06/01/1978	920km	99,2 <sup>0</sup>	18μέρες	RBV, MSS
LANDSAT 2	22/06/1975	05/02/1982	920km	99,2 <sup>0</sup>	18μέρες	RBV, MSS
LANDSAT 3	05/03/1978	07/1987	920km	99,2 <sup>0</sup>	18μέρες	RBV, MSS
LANDSAT 4	16/07/1982	Σε λειτουργία	705km	98,2 <sup>0</sup>	16μέρες	MSS, TM
LANDSAT 5	01/03/1985		705km	98,2 <sup>0</sup>	16μέρες	MSS, TM
LANDSAT 6	Χάθηκε κατά την εκτόξευση					
LANDSAT 7	15/04/1999	Σε λειτουργία	705km	98,2 <sup>0</sup>	16μέρες	ETM+

Ακολουθεί η ανάλυση των δεικτών:

MSS								
Κανάλι	4	5	6	7				
μm	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,11				
Ανάλυση (m)	80	80	80	80				
TM & ETM+	TM							ETM+
Κανάλι	1	2	3	4	5	6	7	8
						Θερμικό		(PAN)
μm	0,45-0,52	0,52-0,60	0,63-0,69	0,76-0,90	1,55-1,75	10,42-12,50	2,08-2,35	0,52-0,90
Ανάλυση (m)	30	30	30	30	30	120	30	15
Το θερμικό κανάλι των λήψεων που γίνονται από το Σταθμό της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Διαστήματος (ESA) έχει ανάλυση 30m.								

### 3.7 Επεξεργασία δεδομένων

Ως επεξεργασία των τηλεπισκοπικών δεδομένων θεωρείται η διαδικασία κατά την οποία γίνονται διάφορες εργασίες στην εικόνα με σκοπό την εξαγωγή, κατά το δυνατόν, περισσότερο ποιοτικής και ποσοτικής πληροφορίας. Έτσι για να επιτευχθεί η ψηφιακή επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων απαιτείται ένα λειτουργικό σύστημα που μέσω των εφαρμογών του να παρέχονται ένα σύνολο συναρτήσεων για την επεξεργασία, τη διαχείριση, την αποθήκευση και την απεικόνιση των δεδομένων σε μια οθόνη καθώς και τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας μεταξύ του χειριστή και του συστήματος.

Η επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων γίνεται με σκοπό τον περιορισμό της ραδιομετρικής υποβάθμισης, της γεωμετρικής παραμόρφωσης και του θορύβου που υπεισέρχεται κατά τη μεταβίβαση των δορυφορικών εικόνων στους επίγειους σταθμούς λήψης. Τα χαρακτηριστικά των εικόνων αλλοιώνονται σημαντικά λόγω

των σφαλμάτων, με αποτέλεσμα τον περιορισμό του πλήθους και της ποιότητας των εξαγόμενων πληροφοριών.

Κύρια εφαρμογή της ψηφιακής επεξεργασίας των δορυφορικών εικόνων είναι η παραγωγή ψηφιακών θεματικών χαρτών σχετικών με θέματα του φυσικού περιβάλλοντος, η ενημέρωση των ήδη υπαρχόντων χαρτών, καθώς και στο σχεδιασμό ή παρακολούθηση φυσικών ή τεχνητών φαινομένων. Το είδος του θέματος και η κλίμακα του χάρτη που αποκτώνται μετά την ψηφιακή επεξεργασία δορυφορικών εικόνων, εξαρτώνται από τη διακριτική ικανότητα του συστήματος απόκτησης των χρησιμοποιούμενων δεδομένων. Με τη συνεχή εξέλιξη και βελτίωση των συστημάτων απεικόνισης αυξάνεται το ποσό, η ποιότητα και η διακριτότητα της περιεχόμενης πληροφορίας, και συνεπώς η δυνατότητα εξαγωγής μεγαλύτερης λεπτομέρειας (Τσακίρη, 2004).

### 3.8 Ψηφιακή επεξεργασία – ανάλυση εικόνας

Η ψηφιακή επεξεργασία – ανάλυση εικόνων, είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για να βελτιώσει την υποκειμενική οπτική παρουσίαση και την εξαγωγή νέων πληροφοριών, των τηλεπισκοπικών εικόνων. Είναι μια τεχνική που αντικατέστησε την οπτική ανάλυση εικόνων και χρησιμοποιείται για να διορθώσει τις εικόνες ώστε να ταυτίζονται με τους επιλεγμένους χάρτες.

Μπορούμε να κατανείμουμε τις μεθόδους ψηφιακής επεξεργασίας εικόνων στις εξής κατηγορίες:

- Αποκατάσταση και ανάγωγη εικόνων.
- Ενίσχυση – βελτίωση εικόνων.
- Δημιουργία «δεικτών εικόνων ή μετασχηματισμού εικόνων»
- Ταξινόμηση εικόνων
- Διεργασίες μοντελοποίησης μιας περιοχής της γης με τη βοήθεια τηλεσκοπικών μεθόδων.

Οι τεχνικές αποκατάστασης και αναγωγής των εικόνων, διορθώνουν τις αρχικές εικόνες, απομακρύνουν τις συστηματικές γεωμετρικές παραμορφώσεις των εικόνων και αλλάζουν την γεωμετρία των εικόνων ανάλογα με τις απαιτήσεις των χαρτογραφικών προβολών. Πιο αναλυτικά γίνεται αποκατάσταση των ραδιομετρικών τιμών και της γεωμετρίας της εικόνας από σφάλματα και παραλείψεις που έγιναν από τα συστήματα καταγραφής και από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες που επικρατούσαν την χρονική στιγμή που γινόταν η λήψη της εικόνας, το ύψος και η αζιμουθιακή γωνία του ηλίου, η καμπυλότητα και τοπογραφία του αναγλύφου κ.α. Με τη χρήση της μεθόδου αυτής γίνεται και αλλαγή της γεωμετρίας της εικόνας ώστε να ταυτιστεί με το επιθυμητό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται και έτσι τελικά παράγεται μια νέα εικόνα με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά από την αρχική εικόνα. Οι γεωμετρικές διορθώσεις της εικόνας γίνονται με τη μέθοδο της

γεωαναφοράς η οποία δημιουργεί έναν γεωγραφικό χώρο με συγκεκριμένο σύστημα αναφοράς μέσα στον οποίο αρχικά σχηματίζει μια εικόνα με εικονοστοιχεία χωρίς τιμές φωτεινότητας και στη συνέχεια με βάση τύπους μετασχηματισμού συντεταγμένων βρίσκει την αντιστοιχία των εικονοστοιχείων αυτών με τα εικονοστοιχεία της αρχικής εικόνας, και έτσι με αυτή τη διαδικασία τελικά εντοπίζει τις αντίστοιχες τιμές φωτεινότητας στην αρχική εικόνα και τις μεταφέρει στην γεωαναφερμένη εικόνα.

Οι τεχνικές βελτίωσης των εικόνων βελτιώνουν την οπτική ερμηνεία της εικόνας με την αύξηση της οπτικής διάκρισης μεταξύ των διαφόρων αντικειμένων που απαντούν στις εικόνες. Η βελτίωση αυτή επιτυγχάνεται με την εφαρμογή αλγορίθμων οι οποίοι αλλάζουν τη διαβάθμιση του τόνου της εικόνας, την φωτεινότητα και τη χρωματική απόδοση των χαρακτηριστικών στην εικόνα με στόχο την πιο εύκολη αναγνώριση και ερμηνεία των διαφόρων χαρακτηριστικών. Σε περιπτώσεις ψηφιακής επεξεργασίας όπως η ταξινόμηση προτιμούνται μη ενισχυμένες εικόνες για τον λόγο ότι παρουσιάζουν ακριβέστερη αποτύπωση της ενέργειας που ελήφθη από τον αισθητήρα.

Η δημιουργία δεικτών εικόνων ή μετασχηματισμένων εικόνων, χρησιμοποιείται για να υπολογιστούν χαρακτηριστικά των εικόνων, όπως οι συνθήκες βλάστησης, η κατανομή κοιτασμάτων - πετρωμάτων, η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας, η συγκέντρωση χλωροφύλλης κλπ.

Οι τεχνικές ταξινόμησης αυτοματοποιούν την αναγνώριση των διαφόρων επιφανειακών χαρακτηριστικών που απαντούν στις εικόνες. Τα εικονοστοιχεία στην ψηφιακή εικόνα ταξινομούνται σε μια ή περισσότερες κλάσεις που αντιπροσωπεύουν διαφόρους τύπους χαρακτήρων χρήσιμων σε μια εφαρμογή, όπως είναι οι τύποι των καλύψεων γης. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να παρουσιαστούν ως ένας θεματικός χάρτης ή να ταξινομηθούν σε πινάκες για να καθορίσουν την επιφάνεια κάθε κλάσης.

Οι διεργασίες μοντελοποίησης μπορούν να ενσωματώσουν διάφορα γεωχωρικά δεδομένα προερχόμενα από τις τηλεπισκοπικές εικόνες και άλλες πηγές, με σκοπό να εντοπίσουν περιοχές με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τον βαθμό ενημέρωσης των χαρτών στις πρόσφατες μεταβολές του ανάγλυφου, ή να προβλέψουν τις μελλοντικές μεταβολές των προαναφερομένων περιοχών.

Επίσης η ψηφιακή ανάλυση εικόνων χρησιμοποιεί και άλλα γεωχημικά ή βοηθητικά δεδομένα για να βαθμονομήσει επεξεργασμένους αλγορίθμους για γεωμετρικές διορθώσεις ή να επικυρώσει την ακρίβεια της ταξινόμησης (Αστάρας, 2010).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

### Ταξινομήσεις

#### 4.1 Εισαγωγή

Η χρήση αεροφωτογραφιών και μεγάλης ακρίβειας πλέον δορυφορικών εικόνων συνιστά το κύριο μέσο για τον εντοπισμό και την οριοθέτηση της κάλυψης γης. Ο όρος κάλυψη γης ή εδαφική κάλυψη (land cover) αναφέρεται στις φυσικές και τεχνητές οντότητες που αναγνωρίζονται-ερμηνεύονται να καλύπτουν τη στοιχειώδη επιφανειακή μονάδα. Η στοιχειώδης επιφανειακή μονάδα ισούται με το εικονοστοιχείο μιας δορυφορικής εικόνας. Η κάλυψη γης δεν πρέπει να συγχέεται ως έννοια με τη χρήση γης (land use), η οποία αναφέρεται στο είδος των δραστηριοτήτων που λαμβάνει χώρα σε κάποιο τμήμα της γήινης επιφάνειας. Εξάλλου, η χρήση γης δεν προκύπτει άμεσα από τις τηλεπισκοπικές εικόνες γιατί η καταγραφόμενη εδαφική κάλυψη δεν αντιπροσωπεύει πάντα την προτιθέμενη χρήση.

Ένας τρόπος εξαγωγής πληροφοριών για την κάλυψη γης είναι η οπτική ερμηνεία των εικόνων από τον αναλυτή. Συγκεκριμένα, ο αναλυτής πρέπει να αναγνωρίσει και να οριοθετήσει περιοχές της εικόνας, οι οποίες εκφράζονται με ξεχωριστές φασματικές ταυτότητες (οπτική ταξινόμηση) (Αστάρας, 2010). Το πλήθος όμως των δεδομένων που λαμβάνονται από τηλεπισκοπικούς δέκτες είναι τόσο μεγάλο, ώστε η οπτική ερμηνεία τους για την εξαγωγή πληροφοριών είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα. Κρίνεται λοιπόν επιτακτική η ανάγκη χρήσης ηλεκτρονικών συστημάτων ψηφιακής επεξεργασίας και αυτόματης αναγνώρισης και ερμηνείας των εικόνων (ψηφιακή ταξινόμηση) (Τσακίρη, 2004).

Η ταξινόμηση αντικειμένων με την οπτική μέθοδο χρησιμοποιεί μικρό αριθμό φασματικών ζωνών και στηρίζεται στα φωτοαναγνωστικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων δηλαδή το σχήμα, την υφή και το μέγεθος για το διαχωρισμό σε κατηγορίες. Επιπλέον, είναι υποκειμενική δεδομένου ότι βασίζεται αποκλειστικά στις ικανότητες και στις γνώσεις του αναλυτή. Αντίθετα, η ψηφιακή ταξινόμηση στηρίζεται στα φασματικά χαρακτηριστικά των pixels –που είναι ο τόνος και τα χρώματα- τα οποία χρησιμοποιούνται από αλγορίθμους του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τέλος, εκτός του ότι είναι ταχύτερη ως μέθοδος, χρησιμοποιεί όλες τις διαθέσιμες φασματικές ζώνες αυξάνοντας έτσι την ακρίβεια των αποτελεσμάτων (Αστάρας, 2010). Είναι λοιπόν φανερό ότι η υιοθέτηση ψηφιακών μεθόδων για τον εντοπισμό και την οριοθέτηση κάλυψης γης υπόσχεται πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, ταχύτερα και με λιγότερο κόπο.

#### 4.2 Ψηφιακή ταξινόμηση

Η θεμελιώδης ψηφιακή μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την οριοθέτηση της εδαφικής κάλυψης είναι η ψηφιακή ταξινόμηση. Πρόκειται για μια ημιαυτόματη επεξεργασία, η οποία με τη βοήθεια εικόνων ταξινομεί τα χαρακτηριστικά μιας γήινης επιφάνειας σε κατηγορίες (Αστάρας, 2010). Η



διαδικασία αυτή περιλαμβάνει πολλαπλές εικόνες της ίδιας περιοχής, είτε διαχρονικές είτε σε διαφορετικές φασματικές περιοχές, και παράγει μια ψηφιακή θεματική εικόνα. Η νέα εικόνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία θεματικού χάρτη ή να εισαχθεί σε ένα G.I.S.

Τα εικονοστοιχεία μιας ψηφιακής εικόνας ταξινομούνται σε ένα ορισμένο πλήθος ατομικών τάξεων ή κατηγοριών που βασίζεται στις φασματικές τιμές των δεδομένων. Εάν μια ψηφίδα ικανοποιεί ένα ορισμένο σύνολο κριτηρίων, τότε η ψηφίδα καταχωρείται στην τάξη που αντιστοιχεί στα κριτήρια αυτά. Η απόφαση σχετικά με την τάξη στην οποία θα καταχωρηθεί τελικά το εικονοστοιχείο είναι μια στατιστική υπόθεση που έχει πιθανότητες σφάλματος. Το σφάλμα αντιστοιχεί σε μια λανθασμένη απόφαση. Συνεπώς σε κάθε απόφαση σχετική με την ταξινόμηση προτύπου απαιτείται η ελαχιστοποίηση κάποιου κριτηρίου σφάλματος. Ο καλύτερος ταξινομητής, που είναι το σύνολο των αποφάσεων, είναι αυτός που έχει το μικρότερο σφάλμα (Τσακίρη, 2004).

Για την ψηφιακή ταξινόμηση υπάρχουν δύο θεμελιώδεις προσεγγίσεις:

- η καθοδηγούμενη ή επιβλεπόμενη ταξινόμηση (supervised classification)
- η ανεξάρτητη ή μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση (unsupervised classification).

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση προϋποθέτει αρχικά την ύπαρξη δειγμάτων γνωστής ταυτότητας στην εικόνα (που συνήθως αναγνωρίζονται από εργασίες πεδίου, από αεροφωτογραφίες, από τοπογραφικούς χάρτες κλπ.) και έπειτα, αφού υπολογιστούν τα στατιστικά στοιχεία των γνωστών αυτών δειγμάτων, καταχωρούνται τα υπόλοιπα αταξινομήτα εικονοστοιχεία σε τάξεις. Αντίθετα, στην ανεξάρτητη ταξινόμηση τα εικονοστοιχεία μιας εικόνας διαχωρίζονται σε φασματικές τάξεις, χωρίς ο αναλυτής να γνωρίζει εκ των προτέρων για την ύπαρξη ή το είδος της πληροφορίας (δάσος, νερό, αστική περιοχή, κ.λπ.) που περιέχεται σε κάθε φασματική τάξη (Valentina Constantinescu, 2010).

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση είναι η ακριβέστερη μέθοδος για την οριοθέτηση των τάξεων, σε αντίθεση με τη μη επιβλεπόμενη που χρησιμεύει περισσότερο για ένα αρχικό, γρήγορο προσδιορισμό τους. Προκειμένου όμως κάποιος να έχει αξιόπιστα αποτελέσματα, είναι σημαντικό, ανεξάρτητα από τη μέθοδο που χρησιμοποιήσει, να επισκεφθεί την περιοχή μελέτης για «υπαίθρια επιβεβαίωση» (ground truth) (Αστάρας, 2010).

Συνήθως η ταξινόμηση εκτελείται έχοντας κατά νου ένα σύνολο κατηγοριών-στόχων. Αυτό το σύνολο καλείται σύστημα ταξινόμησης. Σκοπός ενός τέτοιου συστήματος είναι να παρέχει ένα πλαίσιο οργάνωσης και κατηγοριοποίησης της πληροφορίας που μπορεί να εξαχθεί από τα δεδομένα. Ένα κατάλληλο σύστημα ταξινόμησης περιλαμβάνει κατηγορίες που είναι αφενός σημαντικές στη μελέτη και αφετέρου ευδιάκριτες για τη δειγματοληψία με το χέρι. Τα περισσότερα συστήματα

έχουν μια ιεραρχική δομή, η οποία μπορεί να περιγράψει μια περιοχή μελέτης σε διάφορα επίπεδα λεπτομέρειας (Congalton, 1991).

Η επιλογή των δειγμάτων εκπαίδευσης είναι συχνά μια επαναληπτική διαδικασία, η οποία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την προσωπική γνώση των δεδομένων, από την περιοχή μελέτης και από τις κατηγορίες που θέλει να δημιουργήσει ο αναλυτής. Για την παραγωγή υπογραφών που αντιπροσωπεύουν με ακρίβεια τις τάξεις που αναγνωρίζονται, ίσως χρειαστεί επανειλημμένα να επιλεγούν δείγματα εκπαίδευσης, να εκτιμηθούν οι υπογραφές που προέκυψαν από τα δείγματα και έπειτα είτε να ληφθούν νέα δείγματα είτε να διαχειριστούν οι υπογραφές όπως κρίνεται απαραίτητο (συγχώνευση ή διαγραφή υπογραφών). Το επόμενο βήμα μετά τη δημιουργία και εκτίμηση ενός συνόλου αξιόπιστων υπογραφών είναι η εκτέλεση της ταξινόμησης των δεδομένων. Κάθε pixel αναλύεται ανεξάρτητα. Το διάνυσμα μέτρησης για κάθε pixel συγκρίνεται με καθεμιά υπογραφή, σύμφωνα με έναν κανόνα απόφασης ή αλγόριθμο. Τα pixels που πληρούν τα κριτήρια που θέτει ο κανόνας απόφασης κατατάσσονται κατόπιν στην τάξη για εκείνη την υπογραφή.

#### 4.3 Επιβλεπόμενη Ταξινόμηση

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση αποτελείται από τα παρακάτω στάδια:

- Ορισμός του πλήθους και του είδους των τάξεων.
- Επιλογή και λήψη των δειγμάτων από κάθε τάξη (λήψη εκπαιδευτικής σειράς και εκπαίδευση του συστήματος).
- Χρήση των δειγμάτων για τον προσδιορισμό των παραμέτρων/κριτηρίων για τη δημιουργία του ταξινομητή.
- Με τη χρήση των κριτηρίων, δηλαδή την υπογραφή της κάθε τάξης, ταξινομούνται όλες οι ψηφίδες της εικόνας στις αντίστοιχες τάξεις.
- Παραγωγή θεματικής εικόνας.

Το πρώτο στάδιο δηλαδή η επιλογή του πλήθους και του είδους των τάξεων εξαρτάται από την περιοχή και το σκοπό της μελέτης. Για παράδειγμα, αν μια μελέτη αφορά στο αστικό περιβάλλον, οι οικισμοί και οι βιομηχανίες λαμβάνονται ως δύο διαφορετικές τάξεις. Σε μια άλλη μελέτη, πιθανώς οι τύποι αστικής ανάπτυξης να μη χρειάζεται να μελετηθούν ξεχωριστά και να ταξινομούνται όλοι σε μια ενιαία κατηγορία.

Ακολουθεί η λήψη των εκπαιδευτικών δειγμάτων, τα οποία πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά και πλήρη, ώστε να προκύψει μια αποδεκτή ταξινόμηση. Συγκεκριμένα, η δειγματοληψία των εκπαιδευτικών προτύπων συνίσταται να γίνεται από όλη την περιοχή της εικόνας και μάλιστα είναι προτιμότερο να λαμβάνονται

πολλά δείγματα από μικρές περιοχές παρά λίγα από μεγάλες περιοχές κάθε τάξης. Συχνά η επιλογή των δειγμάτων θεωρείται σημαντικότερη από την επιλογή του αλγόριθμου ταξινόμησης στην εκτίμηση της ακρίβειας της ταξινόμησης.

Το επόμενο στάδιο είναι ο υπολογισμός των στατιστικών στοιχείων των δειγμάτων κάθε τάξης (υπογραφές/ signatures), δηλαδή υπολογίζονται η μέση τιμή και ο πίνακας συμεταβλητοτήτων των ψηφίδων. Τέλος, με βάση τις υπογραφές ταξινομούνται όλες οι ψηφίδες και παράγεται η θεματική εικόνα από την οποία θα εξαχθούν οι απαραίτητες πληροφορίες για τη μελέτη (Τσακίρη, 2004).

Ένα από τα πλεονεκτήματα της επιβλεπόμενης ταξινόμησης είναι ότι ο αναλυτής ελέγχει το σύνολο των επιλογών της κάλυψης γης που θα ταξινομηθεί, σύμφωνα με τη γεωγραφική περιοχή και τις απαιτήσεις της μελέτης. Επίσης, δεν απαιτείται η αντιστοίχιση των φασματικών ομάδων με τα είδη της πληροφορίας που αντιπροσωπεύουν. Τέλος, με προσεκτική εξέταση των δεδομένων της εκπαίδευσης, ο αναλυτής είναι σε θέση να αναγνωρίσει σοβαρά σφάλματα στην ταξινόμηση.

Βέβαια, η επιβλεπόμενη ταξινόμηση περιλαμβάνει και κάποια μειονεκτήματα όπως το γεγονός ότι ο τρόπος ταξινόμησης των δεδομένων είναι υποκειμενικός με συνέπεια μερικές φορές οι καθορισμένες περιοχές να μη συμβαδίζουν με τις φυσικές πληροφοριακές τάξεις (π.χ. μια περιοχή που καθορίστηκε από τον αναλυτή ως καλλιεργήσιμη, στην πραγματικότητα να αποτελεί βοσκότοπο). Επίσης, η επιλογή των δεδομένων εκπαίδευσης μπορεί μεν να συνιστά έναν τρόπο ελέγχου, αποτελεί δε χρονοβόρα διαδικασία, δαπανηρή και κουραστική, ακόμη και όταν εκτελείται με τα πιο σύγχρονα μέσα. Εκτός αυτού, οι περιοχές εκπαίδευσης που θα επιλεγούν μπορεί να μην είναι αντιπροσωπευτικές για ολόκληρη την εικόνα.

Επιπλέον, δεδομένου ότι τα δεδομένα εκπαίδευσης καθορίζονται κατά κύριο λόγο από τα είδη της πληροφορίας και κατά δεύτερο λόγο από τις φασματικές ιδιότητες τους, είναι πιθανό μια περιοχή εκπαίδευσης που είναι για παράδειγμα καθαρά δασική έκταση, να είναι ακριβής ως προς τον χαρακτηρισμό "δάσος" αλλά να ποικίλλει ως προς την πυκνότητα, την ηλικία κ.λπ. και συνεπώς να αποτελεί "φτωχή" ή "ανεπαρκή" περιοχή εκπαίδευσης του αλγόριθμου ταξινόμησης. Κλείνοντας, η επιβλεπόμενη ταξινόμηση μπορεί να μην αναγνωρίζει και αντιπροσωπεύει ιδιομορφίες στις κατηγορίες που δεν αποκαλύπτονται στα δεδομένα εκπαίδευσης, ίσως επειδή είναι άγνωστες στον αναλυτή ή επειδή καταλαμβάνουν πολύ μικρές περιοχές στην εικόνα (Αγγελοπούλου, 2003).

#### 4.4 Χαρακτηριστικά - Πηγές σφαλμάτων ταξινόμησης

Σφάλμα ταξινόμησης είναι η αντιστοίχιση ενός εικονοστοιχείου κάποιας κατηγορίας, όπως καθορίζεται από μετρήσεις υπαίθρου, σε μια άλλη κατηγορία κατά την ταξινόμηση των δεδομένων της εικόνας. Υπάρχουν λίγες συστηματικές μελέτες των γεωγραφικών χαρακτηριστικών αυτών των σφαλμάτων, αλλά η εμπειρία προτείνει ότι τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

- Τα σφάλματα δεν κατανέμονται τυχαία σε όλη την εικόνα, αλλά ως έναν βαθμό εμφανίζονται κατά συστηματικό τρόπο στο χώρο (π.χ. κάποια σφάλματα μπορεί να σχετίζονται με μια συγκεκριμένη κατηγορία βλάστησης).
- Εσφαλμένα ταξινομημένα εικονοστοιχεία εμφανίζονται ομαδοποιημένα σε περιοχές μεταβλητού μεγέθους και σχήματος.
- Τα σφάλματα έχουν την τάση να εμφανίζονται σε τμήματα της επιφάνειας της γης συγκεκριμένου μεγέθους, σχήματος και θέσης.
- Σφάλματα εμφανίζονται συνήθως στα όρια ή στο εσωτερικό τμημάτων της επιφάνειας της γης (Μερτίκας, 1999) ( Αγγελοπούλου, 2003).

Σφάλματα εμφανίζονται σε κάθε ταξινόμηση. Η συνθετότητα των ψηφίδων μέσα στα τμήματα των τάξεων μιας εικόνας της γήινης επιφάνειας συνεισφέρει στη δυνατότητα εμφάνισης σφαλμάτων στην ταξινόμηση. Για παράδειγμα, μια απλή γήινη επιφάνεια που αποτελείται από μεγάλες, ενιαίες και διακριτές κατηγορίες μπορεί να λεχθεί ότι ταξινομείται με ακρίβεια πιο εύκολα από μια επιφάνεια μικρή και ετερογενή.

Στην καθοδηγούμενη ταξινόμηση, τα σφάλματα συνήθως προέρχονται από τη μη-αναγνώριση των τμημάτων του εδάφους, την "υπερβολική" γενίκευση, τα σφάλματα καταγραφής, τις μεταβολές στην ερμηνεία των εικόνων και άλλους παράγοντες. Ίσως η απλούστερη αιτία σφαλμάτων σχετίζεται με την εσφαλμένη αντιστοίχιση των ειδών της πληροφορίας με τις φασματικές τάξεις. Για παράδειγμα, ο εκτεθειμένος γρανίτης σε ορεινές περιοχές μπορεί εύκολα να μπερδευτεί με τη φασματική εικόνα που δίνει το μπετόν σε κατοικημένες περιοχές.

Ο τηλεπισκοπικός δέκτης μπορεί να δημιουργήσει σφάλματα σε ορισμένα επίπεδα της χωρικής, ραδιομετρικής και φασματικής ανάλυσης με τις αντίστοιχες μεταβλητές των τμημάτων του εδάφους. Επιπλέον, ο θόρυβος του συστήματος μπορεί να δημιουργήσει σφάλματα που προέρχονται από τον εν γένει σχεδιασμό και λειτουργία του. Τέλος, σφάλματα στην ταξινόμηση μπορεί να προκαλέσει η προετοιμασία για την επεξεργασία που γίνεται για να διορθωθούν ραδιομετρικά και γεωμετρικά σφάλματα της εικόνας (Αγγελοπούλου, 2003).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Μεταβολές καλυψης γης

#### 5.1 Εισαγωγή

Με τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τις αλλαγές χρήσεων γης κατανοούμε καλύτερα τις σχέσεις και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ανθρώπων και του φυσικού περιβάλλοντος. Τα τηλεπισκοπικά δεδομένα είναι μία από τις πιο σημαντικές πηγές δεδομένων για τη χωρική και χρονική μελέτη των αλλαγών χρήσεων γης. Έτσι η επεξεργασία συνόλων δεδομένων τηλεπισκόπισης που έχουν ληφθεί σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, επιτρέπει τον προσδιορισμό και την χαρτογράφηση των αλλαγών του τοπίου, δίνοντας έτσι μια αποτελεσματική προσπάθεια για τη διαχείριση και τον αιεφόρο σχεδιασμό του τοπίου. Ειδικότερα, με τη χρήση των τεχνικών της τηλεπισκόπισης και των ΓΠΣ, είναι δυνατόν να αναλυθεί και να χαρακτηριστεί το μεταβαλλόμενο πρότυπο των αλλαγών χρήσεων γης κατά τη διάρκεια μιας μακράς χρονικής περιόδου και έτσι να κατανοηθούν οι αλλαγές στην εκάστοτε περιοχή ενδιαφέροντος που μελετάται (Corpin 2004).

Με την αξιοποίηση των τεχνικών των ΓΠΣ μπορεί να γίνει μια αποτελεσματική την ανάλυση των επιπτώσεων των διαφόρων παραγόντων στις αλλαγές χρήσεων γης. Ορισμένοι παράγοντες από αυτούς είναι η κλίση του εδάφους, η πυκνότητα του πληθυσμού, η γειτνίαση σε οδικές αρτηρίες και ο περιβάλλον χώρος γύρω από την κάθε χρήση της γης. Έχοντας μια μεγάλη διαθεσιμότητα από σύνολα δεδομένων χρονολογικών σειρών μπορούμε να κατανοήσουμε και την παρακολουθήσουμε τη διαδικασία της αστικής επέκτασης, προκειμένου να χαρακτηριστούν και να εντοπιστούν οι τάσεις εξέλιξης σε λεπτομερές επίπεδο. Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, χρονοσειρές δορυφορικών εικόνων του δορυφόρου Landsat έχουν χρησιμοποιηθεί σε διάφορες μελέτες για την αξιολόγηση των αλλαγών της αστικής μορφολογίας και της επέκτασης της αστικής δόμησης .

Οι μελέτες αυτές είχαν σαν κύριο στόχο τους την χωροχρονική ανάλυση της δυναμικής των αλλαγών χρήσεων γης, με έμφαση στο φαινόμενο της αστικής ανάπτυξης - εξάπλωσης και την απώλεια της αγροτικής γης. Είναι σύνηθες να χρησιμοποιείται όρος εξάπλωση για να περιγράψει ένα είδος μη οργανωμένης ανάπτυξης που καταλήγει ως άναρχη ανάπτυξη των αστικών περιοχών. Η εξάπλωση είναι αποτέλεσμα πολλών επιμέρους αποφάσεων και από τις πιθανές αιτίες αυτού του φαινομένου είναι η αύξηση του πληθυσμού, της οικονομίας και η εγγύτητα με τους πόρους και τις βασικές εγκαταστάσεις (J. Ronald Eastman 2009).

Με την ανάπτυξη των αστικών περιοχών μετατρέπονται αγροτικές περιοχές σε αστικές και συντελούνται λειτουργικές αλλαγές, τόσο μορφολογικής, όσο και κατασκευαστικής άποψης. Παρατηρείται ιστορικά, η γεωργία να ανταγωνίζονται την αστική ανάπτυξη για την ίδια έκταση καθώς η επέκταση των πόλεων συνήθως λαμβάνει χώρα σε περιοχές που κατά το παρελθόν χρησιμοποιούταν για γεωργική χρήση. Σε πολλές ανεπτυγμένες ευρωπαϊκές περιφέρειες έχει παρατηρηθεί πως ο

πληθυσμός περιοχών εκτός του κέντρου των πόλεων έχει αυξηθεί ταχύτερα από ό,τι στο κέντρο της πόλης, πράγμα που αποδεικνύει μια ορισμένη τάση επέκτασης των αστικών περιοχών της προς τα προάστια τους. Στην πραγματικότητα, πολλές πόλεις είναι γρήγορα αυξανόμενες προς τις παρυφές τους, μετατρέποντας τις γύρω αγροτικές περιοχές σε πυκνές βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες παρά σε αστικά προάστια.

## 5.2 Τεχνικές εντοπισμού μεταβολών

Ο εντοπισμός μεταβολών (change detection) είναι η διαδικασία αναγνώρισης διαφορών στην κατάσταση ενός αντικειμένου ή φαινομένου, παρατηρώντας το σε διαφορετικούς χρόνους (Singh, 1989).

Μια τεχνική εντοπισμού μεταβολών πάνω σε διαχρονικές εικόνες της ίδιας γεωγραφικής περιοχής, μπορεί να βασισθεί σε ένα σύστημα απεικόνισης που να έχει τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Να έχει μια συστηματική περίοδο λήψης.
- Οι καταγραφές των εικόνων της ίδιας γεωγραφικής περιοχής να γίνονται την ίδια ώρα της ημέρας για να ελαχιστοποιούνται οι διαφορετικές επιδράσεις λόγω ύψους του ήλιου.
- Να διατηρείται η ίδια κλίμακα (κυκλική τροχιά) και γεωμετρία της εικόνας.
- Να μειώνεται η μετατόπιση του ανάγλυφου όσο το δυνατόν περισσότερο.
- Να καταγράφει την ανακλώμενη ακτινοβολία σε προκαθορισμένες και χρήσιμες φασματικές περιοχές.

Υπό την προϋπόθεση ότι ικανοποιούνται οι παραπάνω συνθήκες, είναι δυνατόν στα τηλεπισκοπικά δεδομένα να αναλυθούν τα χωρικά, τα φασματικά και τα διαχρονικά χαρακτηριστικά για την παραγωγή στατιστικών στοιχείων, μεταβολών κάλυψης γης και χαρτών μεταβολών κάλυψης γης.

Για να γίνει η εφαρμογή των ψηφιακών τεχνικών εντοπισμού μεταβολών στα τηλεπισκοπικά δεδομένα απαιτούνται κάποιες διεργασίες. Αρχικά προσδιορίζεται από τον αναλυτή η περιοχή μελέτης. Στη συνέχεια ορίζεται η συχνότητα εντοπισμού των μεταβολών (π.χ. εποχιακή, ετήσια κ.λπ.). Τέλος, μια από τις κυριότερες απαιτήσεις είναι ο προσδιορισμός των επιθυμητών τάξεων κάλυψης γης που πρέπει να μελετηθούν για τον εντοπισμό μεταβολών, με τη χρήση ενός κατάλληλου συστήματος ταξινόμησης.

Σε συνδυασμό με τις παραπάνω διεργασίες, πρέπει ταυτόχρονα να γίνουν σημαντικές εκτιμήσεις κατά την εκτέλεση του εντοπισμού μεταβολών. Κατά κύριο λόγο απαιτείται η επιλογή ενός κατάλληλου αλγορίθμου εντοπισμού μεταβολών. Σημαντικό ρόλο παίζει και η επιλογή κατάλληλης τεχνικής ταξινόμησης (επιβλεπόμενη ή μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση). Τέλος, σε περίπτωση εκτέλεσης εντοπισμού μεταβολών με τη χρήση αλγορίθμων G.I.S., περιλαμβάνεται η χρήση του

πίνακα εντοπισμού μεταβολών σε επιλεγμένες κατηγορίες, η δημιουργία χάρτη μεταβολών και ο υπολογισμός στατιστικών μεταβολών.

### 5.3 Ακρίβεια τεχνικών εντοπισμού μεταβολών

Παρόλο που υπάρχουν πολυάριθμες τεχνικές για την εκτέλεση εντοπισμού μεταβολών με την χρήση δορυφορικών εικόνων, λόγω της αυξανόμενης καθολικής ικανότητας στο χειρισμό των ψηφιακών δεδομένων και της αυξανόμενης υπολογιστικής δύναμης, έχει διεξαχθεί σχετικά μικρή έρευνα στο επίπεδο του καθορισμού της ποσοτικής ακρίβειας των διαφορετικών μεθόδων ανίχνευσης αλλαγών. Συνεπώς δεν έχουν αναπτυχθεί τυποποιημένες τεχνικές εκτίμησης ακρίβειας ή διαδικασίες για την ανίχνευση αλλαγών. Άρα είναι επιτακτική η ανάπτυξη διαδικασιών που να καθορίζουν την ακρίβεια των διαφορετικών τεχνικών, όσο πιο δημοφιλείς γίνονται οι έρευνες για ανίχνευση αλλαγών,

Η αξιολόγηση των λαθών κατά την ταξινόμηση τα οποία συνδέονται με την ανίχνευση αλλαγών, δεν μπορεί να γίνει με κάποιο συγκεκριμένο τρόπο. Εκτός από τα λάθη που παράγονται στη διαδικασία ταξινόμησης μεμονωμένης ημερομηνίας, ο αναλυτής πρέπει να προσέξει στο να μην αναχαραχτούν λάθη στη δεύτερης-ημερομηνίας ταξινόμηση, στον αλγόριθμο εντοπισμού μεταβολών και στις διαφορές εγγραφής και ραδιομετρικές διαφορές μεταξύ των δύο ημερομηνιών. Επίσης, οι έρευνες εντοπισμού μεταβολών είναι δύσκολο να εκτιμήσουν την ακρίβεια λόγω του μεγάλου αριθμού μεταβλητών που σχετίζονται με τη διαδικασία (Macleod and Congalton, 1998).

Η πιο άμεση διαδικασία εντοπισμού μεταβολών είναι η τεχνική της σύγκρισης ταξινομημένων εικόνων για εντοπισμό μεταβολών είναι πιθανόν, όμως ταυτόχρονα έχει το μεγαλύτερο ενδεχόμενο να είναι η λιγότερο ακριβής. Πιθανόν λόγω του ότι συνδυάζει τα λάθη και των δύο ταξινομήσεων η ακρίβεια αυτής της μεθόδου είναι φτωχή. Άλλες τεχνικές εντοπισμού μεταβολών όπως η PCA, μπορούν να ελαχιστοποιήσουν κάποια από τα λάθη της ταξινόμησης με το να ταξινομούν μόνο τις περιοχές που έχουν μεταβληθεί για τη δεύτερη ημερομηνία. Επιπλέον, για την τεχνική της σύγκρισης ταξινομημένων εικόνων, πρέπει να υπάρχουν αρκετά βοηθητικά δεδομένα ώστε να ταξινομηθούν και οι δύο ημερομηνίες. Αντίθετα, κατά την ανίχνευση αλλαγών με την τεχνική PCA, το ποσοστό των βοηθητικών δεδομένων για τη δεύτερη ημερομηνία μπορεί να μειωθεί σε μεγάλο βαθμό λόγω της ταξινόμησης μόνο ενός τμήματος της σκηνής.

### 5.4 Αλγόριθμοι εντοπισμού μεταβολών

Οι τεχνικές εντοπισμού μεταβολών εμπεριέχουν ένα ευρύ φάσμα μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση, περιγραφή και ποσοτικοποίηση των διαφορών μεταξύ εικόνων της ίδιας περιοχής σε διαφορετικούς χρόνους ή υπό διαφορετικές συνθήκες. Η επιλογή ενός κατάλληλου αλγορίθμου εντοπισμού μεταβολών βασίζεται στην ανάλυση αρκετών παραγόντων. Ξεκινώντας ο αναλυτής πρέπει να γνωρίζει τα βιοφυσικά και πολιτισμικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης. Στη συνέχεια είναι

αναγκαίο να γνωρίζει την ακρίβεια με την οποία καταγράφεται η εικόνα πολλαπλών ημερομηνιών. Τέλος, θα πρέπει ο αναλυτής να αντιλαμβάνεται την επιλογή αλγορίθμων εντοπισμού μεταβολών, το βαθμό ευλυγισίας και διαθεσιμότητας (Jobin, B., Latendresse, 2010).

Υπάρχουν περίπου πέντε γενικές ομάδες αλγορίθμων εντοπισμού αλλαγών. Οι αλγόριθμοι αυτοί αφορούν:

- Την αφαίρεση διαχρονικών εικόνων (band subtraction).
- Τη διαίρεση διαχρονικών εικόνων (band ratioing).
- Τη σύγκριση ταξινομημένων διαχρονικών εικόνων.
- Τη σύγκριση προεπεξεργασμένων διαχρονικών εικόνων.
- Το διάνυσμα ανάλυσης μεταβολών .

Επίσης για τη λήψη αξιόπιστων αποτελεσμάτων, σε μια διαδικασία εντοπισμού μεταβολών, απαιτείται:

- οι διαχρονικές εικόνες να έχουν ληφθεί την ίδια εποχή (σε διαφορετική χρονολογία).
- οι διαχρονικές εικόνες να έχουν την ίδια χωρική και φασματική ανάλυση.
- οι δύο ταξινομημένες εικόνες να απεικονίζουν την ίδια γεωγραφική περιοχή για την απόλυτη ταύτιση των ψηφίδων.
- η περιοχή μελέτης να είναι μικρή, διότι η μέθοδος είναι αυτόματη και καθυστερεί να βγάλει τα τελικά αποτελέσματα (Πασιάκου, 2009).

### 5.5 Αλγόριθμος «Σύγκρισης ταξινομημένων εικόνων»

Ο αλγόριθμος της «Σύγκρισης ταξινομημένων εικόνων» αναγνωρίζει μεταβολές συγκρίνοντας δύο ταξινομημένες εικόνες που έχουν δημιουργηθεί ανεξάρτητα. Συγκεκριμένα, ένας αλγόριθμος συγκρίνει τις δύο ταξινομήσεις -χρησιμοποιώντας ζεύγη τάξεων που ορίστηκαν από τον αναλυτή- και δημιουργεί ένα χάρτη με τις περιοχές μεταβολών. Κωδικοποιώντας τα αποτελέσματα της ταξινόμησης της ημερομηνίας 1 και της ημερομηνίας 2, ο αναλυτής μπορεί να παράγει ένα χάρτη μεταβολών καθώς και ένα πίνακα εντοπισμού μεταβολών (change detection matrix). Ως εκ τούτου, είναι δυνατόν να αναγνωρίσει όχι μόνο τις ψηφίδες που έχουν μεταβληθεί μεταξύ των δύο ημερομηνιών, αλλά και τη φύση των.

Η σύγκριση των τελικών ταξινομημένων εικόνων γίνεται ανά ζεύγος εικόνων με τη βοήθεια του πίνακα εντοπισμού μεταβολών. Η διαδικασία είναι αυτόματη και συγκρίνει ψηφίδα ανά ψηφίδα, γι' αυτό πρέπει να υπάρχει απόλυτη ταύτιση των δύο εικόνων (overlap). Τα κύρια διαγώνια στοιχεία του πίνακα αναπαριστούν τον αριθμό των αμετάβλητων ψηφίδων στις δύο διαχρονικές εικόνες και τα μη διαγώνια στοιχεία δηλώνουν την αλλαγή που έχει υποστεί διαχρονικά. Τα αποτελέσματα της σύγκρισης μετά την ταξινόμηση μπορούν να εκτιμηθούν με δεδομένα από άλλες μεθόδους ή από επίγειες πληροφορίες σχετικές με τις μεταβολές. Η σύγκριση ταξινομημένων εικόνων



είναι πιο χρονοβόρα ως μέθοδος και η ακρίβειά της εξαρτάται από την ακρίβεια της αρχικής ταξινόμησης μεταβολών (Inzana, J., Kusky, 2003).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Μεθοδολογία

Ξεκινώντας την ανάπτυξη της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε θα πρέπει πρώτα να γίνει μια σύντομη αναφορά στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και στον λόγο της επιλογής τους. Για την παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις δορυφορικές εικόνες του δορυφόρου Landsat TM με χρονικό ορίζοντα από το 1984 έως το 2011. Η επιλογή των ημερομηνιών των δορυφορικών εικόνων έγινε με γνώμονα την ανάπτυξη του αστικού περιβάλλοντος στην πόλη της Λάρισας σε αυτές τις τρεις δεκαετίες. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικές εικόνες από τον Ιούνιο του 1984, Αύγουστο του 1990, Νοέμβριο του 2001 και Σεπτέμβριο του 2011. Το διαστήματα μεταξύ των εικόνων επιλέχθηκε να είναι σχεδόν μια δεκαετία για το λόγο ότι η ανάπτυξη του αστικού περιβάλλοντος γίνεται έντονα ορατή σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα.

Αφού έγινε η εισαγωγή των εικόνων στο λογισμικό αρχικά πραγματοποιήθηκε μια χρωματική σύνθεση στην οποία χρησιμοποιήθηκαν τα τρία πρώτα κανάλια (B1,B2,B3). Με τη χρήση των χρωμάτων στις εικόνες αφενός έχουμε τη δυνατότητα να δουλέψουμε σε ένα πιο φιλικό και ευχάριστο οπτικά περιβάλλον, και αφετέρου επιτρέπεται η εξαγωγή περισσότερης ποιοτικά πληροφορίας σε σχέση με μη έγχρωμες εικόνες. Ο εμπλουτισμός μιας δορυφορικής εικόνας με χρώμα μπορεί να γίνει με τη χρήση τριών φασματικών διαύλων της εικόνας. Επειδή τα εμφανιζόμενα έγχρωμα επίπεδα, συνήθως, επιλέγονται με τη σειρά: ερυθρό (R), πράσινο (G) και μπλε (B), χρησιμοποιείται η ορολογία «RGB χρωματικές έξοδοι». Έτσι κατά τη σύνθεση των φασματικών ζωνών RGB:321(κόκκινο, πράσινο, μπλε) δημιουργείται μια φυσική έγχρωμη εικόνα όπου τα αντικείμενα εμφανίζονται στην εικόνα, όπως θα τα έβλεπε το γυμνό μάτι.

Στη συνέχεια οι δορυφορικές εικόνες κόπηκαν με μάσκα στα όρια του δήμου Λάρισας για να γίνει με μεγαλύτερη ευκολία και ακρίβεια η περεταίρω επεξεργασία. Μετά την περικοπή παρήχθησαν οι εξής τέσσερις εικόνες:



Χρωματική σύνθεση Ιουνίου 1984



**Χρωματική σύνθεση Αυγούστου 1990**



**Χρωματική σύνθεση Νοεμβρίου 2001**



**Χρωματική σύνθεση Σεπτεμβρίου 2011**

Έπειτα από την περικοπή των δορυφορικών εικόνων για να είναι πιο εμφανής και ευδιάκριτη η περιοχή μελέτης ακλούθησε ο εντοπισμός των κατηγοριών κάλυψης γης οι οποίες θα συμμετείχαν στην ταξινόμηση. Η επιλογή των κατηγοριών έγινε με κριτήρια το στόχο της μελέτης, το αναμενόμενο συγκεκριμένο ποσοστό ακρίβειας της ταξινόμησης και την ευκολία στον προσδιορισμό των κατηγοριών στις δορυφορικές εικόνες. Οι κατηγορίες κάλυψης γης που διακρίνονται στην περιοχή μελέτης είναι οι εξής: Αστικό, Πράσινο, Ακαλλιέργητη γη, Ξερή γη.

Ο εντοπισμός των μεταβολών έγινε με την τεχνική της σύγκρισης ταξινομημένων εικόνων. Η τεχνική αυτή είναι η πιο άμεση τεχνική εντοπισμού μεταβολών αλλά ενδέχεται να έχει τη μικρότερη ακρίβεια, διότι συνδυάζει τα λάθη και των δύο ταξινομήσεων. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτής της μεθόδου είναι ότι η ακρίβειά της εξαρτάται από την ακρίβεια της αρχικής ταξινόμησης, επειδή γνωρίζουμε πως δεν υπάρχει κάποιος αλγόριθμος για την εκτίμηση της ακρίβειας του εντοπισμού μεταβολών, δόθηκε εξαρχής ιδιαίτερη βάση στην παραγωγή ταξινομημένων εικόνων όσο το δυνατόν μεγαλύτερης ακρίβειας.

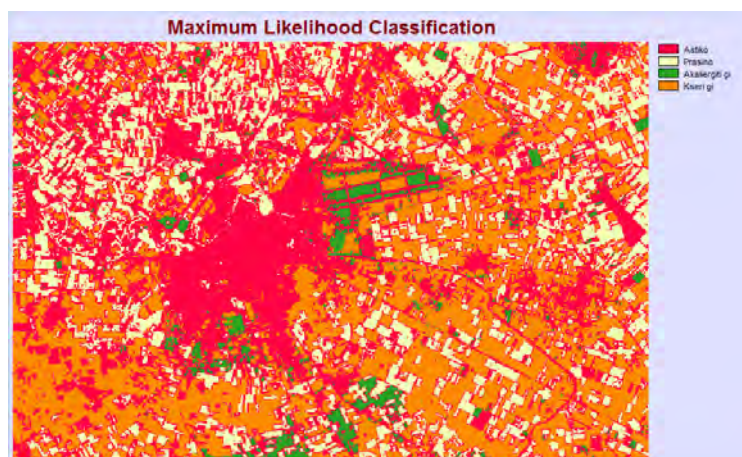
Έτσι κατά την προεπεξεργασία των δορυφορικών εικόνων δόθηκε η μέγιστη δυνατή προσοχή στην επιλογή των βέλτιστων παραμέτρων για την πραγματοποίηση της ταξινόμησης και εκτίμηση της ακρίβειάς της. Με αυτόν τον τρόπο όμως εξασφαλίστηκε ότι οι εικόνες στις οποίες θα εφαρμόζονταν η τεχνική του εντοπισμού μεταβολών ήταν απαλλαγμένες από πιθανά σφάλματα, ήταν απόλυτα ταυτισμένες μεταξύ τους και είχαν τη μέγιστη δυνατή ολική ακρίβεια ταξινόμησης.

Ο εντοπισμός αλλαγών στις δορυφορικές εικόνες Landsat-5/ TM έγινε ψηφιακά με χρήση της τεχνικής της σύγκρισης ταξινομημένων εικόνων με τη χρήση του αλγορίθμου μέγιστης πιθανοφάνειας αφού πρώτα περικόπηκαν με μάσκα ώστε υπάρχει απόλυτη ταύτιση μεταξύ τους. Η ταύτιση των εικόνων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον ψηφιακό εντοπισμό μεταβολών, δεδομένου ότι πρόκειται για αυτόματη διαδικασία που εξετάζει τις εικόνες ψηφίδα προς ψηφίδα προκειμένου να αναγνωριστεί και η φύση της μεταβολής, πέρα από την ίδια τη μεταβολή.

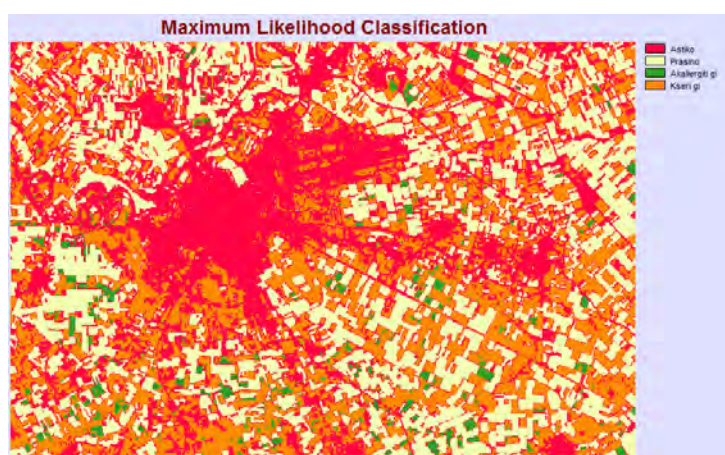
Η όλη διαδικασία πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα ψηφιακής ανάλυσης Idrisi Selva . Αρχικά, εισάγονται οι δύο ταξινομημένες εικόνες, οι οποίες έχουν διαφορετική ημερομηνία λήψης αλλά απεικονίζουν ακριβώς την ίδια περιοχή. Ακολουθεί κατάλληλη κωδικοποίηση των κατηγοριών κάλυψης γης που συμμετείχαν στην ξεχωριστή ταξινόμηση των δύο εικόνων, ώστε να έχουν την ίδια σειρά. Τέλος, ο αλγόριθμος εντοπίζει αυτόματα τις όποιες μεταβολές υπάρχουν μεταξύ των δυο εικόνων, όπως επίσης και τις περιοχές που παρέμειναν αμετάβλητες και παράγεται τελικά η νέα εικόνα μεταβολών.

Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε τα αποτελέσματα της διαδικασίας.

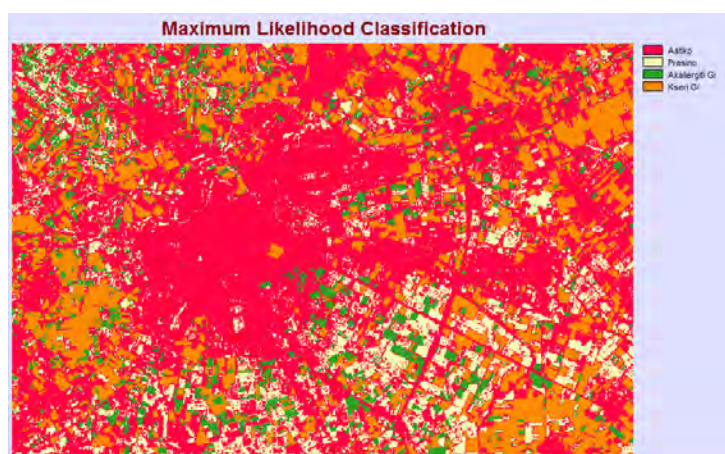




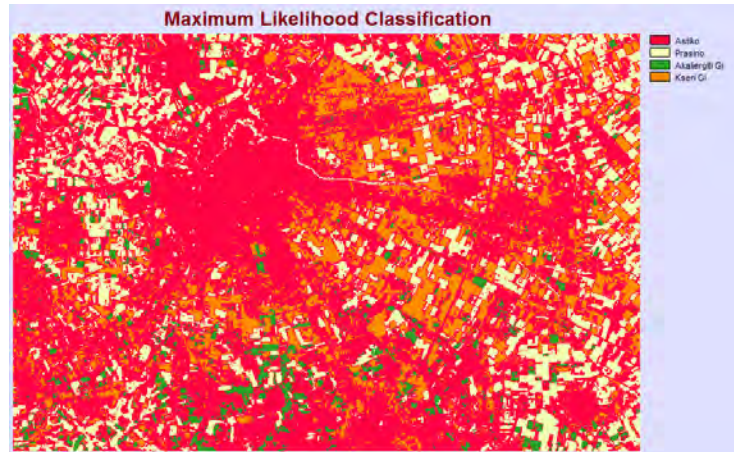
**Ταξινόμηση Ιουνίου 1984**



**Ταξινόμηση Αυγούστου 1990**



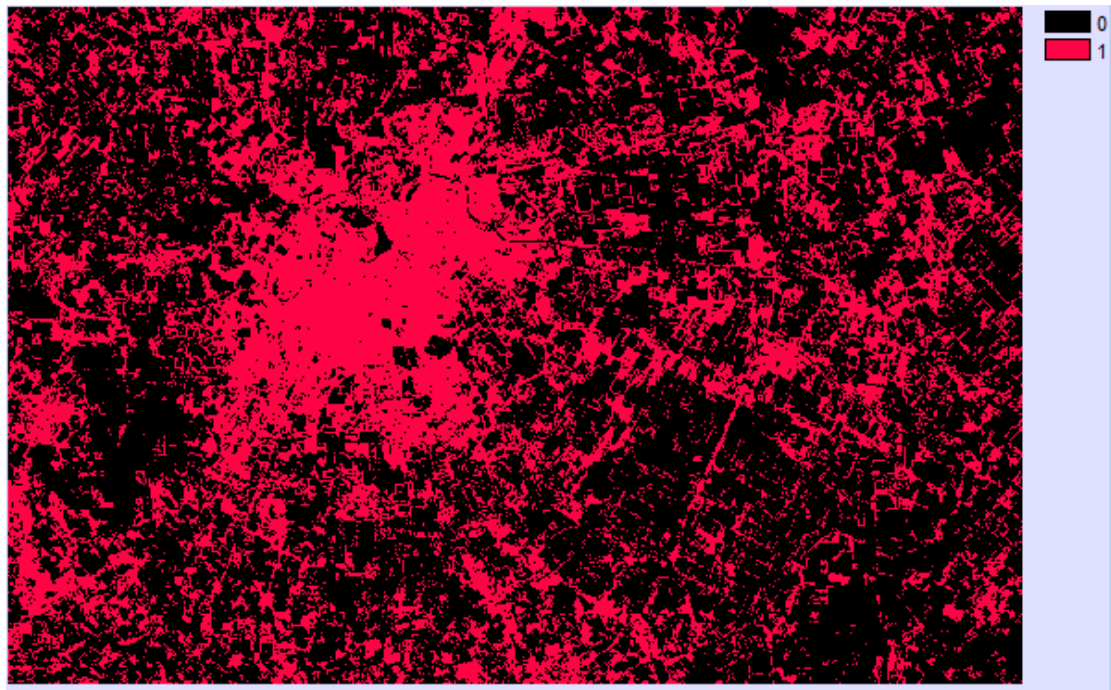
**Ταξινόμηση Νοεμβρίου 2001**



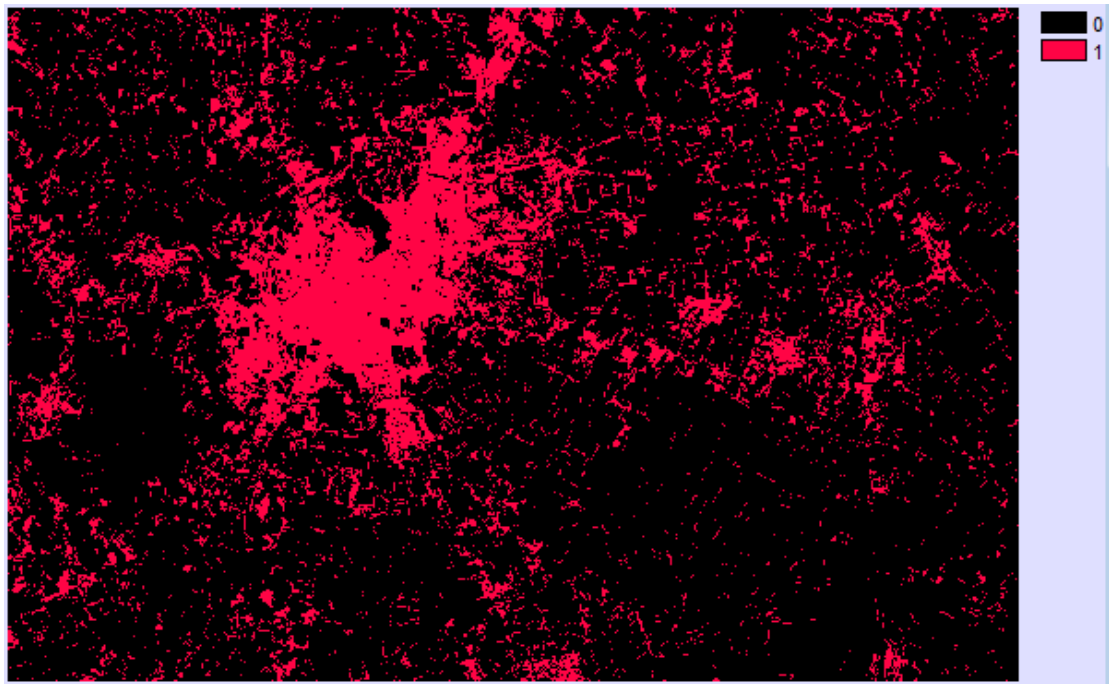
### Ταξινόμηση Σεπτεμβρίου 2011

Ακλουθώντας αυτή τη διαδικασία οι δορυφορικές εικόνες συγκρίθηκαν σε ζεύγη και έπειτα παράχθηκαν θεματικοί χάρτες που παρουσιάζουν τελικά την μεταβολή του αστικού περιβάλλοντος μέσα στη χρονολογική σειρά.

Η δορυφορική εικόνα με ημερομηνία λήψης 22 Αυγούστου 1984 δε συμμετείχε στη διαδικασία λόγω προβλήματος που παρουσιάστηκε κατά τη γεωμετρική της διόρθωση και έτσι δεν μπόρεσε να συγκριθεί σε σχέση με τις άλλες δορυφορικές εικόνες.



### Τομή 2001 και 2011



**Τομή 1990 - 2001 - 2011**



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι φανερό πως εάν η ταξινόμηση συγκριθεί οπτικά με την χρωματική σύνθεση στα χρώματα 123 παρατηρείται μια ανωμαλία που οφείλεται στο ότι η ταξινόμηση maxlike συγγέει καλύψεις γης που παρομοιάζουν με το αστικό όπως π.χ η ξερή γη καθώς και η ακαλλιέργητη γη. Έτσι αιτιολογείται η μεγαλύτερη έκταση γης που εμφανίζεται στη δυαδική εικόνα του 1990 το αστικό να έχει μεγαλύτερη έκταση απ' ό,τι στην τομή των τριών δυαδικών εικόνων (1990, 2001, 2011). Οι λόγοι που παρατηρείται αυτό είναι πως οι δορυφορικές εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν έχουν ληφθεί από διαφορετικές εποχές του έτους και έτσι δημιουργείται σύγχυση στις καλύψεις γης, ιδιαιτέρως μεταξύ των ακαλλιέργητων εκτάσεων και της ξερής γης. Αυτό επηρεάζει σημαντικά τον αλγόριθμο μεγίστης πιθανοφάνειας στην εξαγωγή συμπερασμάτων με μέγιστη δυνατή ακρίβεια.

Στην πραγματικότητα εάν παρατηρήσουμε και τις τέσσερις εικόνες της χρονολογικής σειράς έπειτα από την ταξινόμηση, βλέπουμε ξεκάθαρα την αύξηση του αστικού περιβάλλοντος με πολύ έντονο ρυθμό ιδιαίτερα μετά τη δεκαετία του 1990.

Ανατρέχοντας σε ιστορικές πηγές, θα δούμε πως από τις αρχές της δεκαετίας του '70 άρχισε η οικιστική ανάπτυξη της πόλης της Λάρισας, όπου αυτή συντέλεσε στην ραγδαία αύξηση του αστικού χώρου. Ο ελλιπής πολεοδομικός σχεδιασμός καθώς και η ιδιωτική πρωτοβουλία συνετέλεσαν στην αύξηση της άναρχης και αυθαίρετης δόμησης, παράγοντες που επηρέασαν σημαντικά την συνοχή του πολεοδομικού ιστού και την ομαλή επέκταση της πόλης.

Από τις αρχές της δεκαετίας του '80, χρονικά απ' όπου αρχίζει και η μελέτη μας, οι δημοτικές αρχές έδειξαν την πρόθεση τους για νέο πολεοδομικό σχεδιασμό και έτσι εκπόνησαν νέο σχέδιο πόλης το οποίο θα βασιζόταν σε μια βιώσιμη αστική ανάπτυξη και που θα έδινε έμφαση στην ποιότητα ζωής των κατοίκων.

Έτσι βλέπουμε να αναπτύσσονται κυρίως κατά τη δεκαετία του '90 νέες περιφερειακές περιοχές που έως τότε χρησιμοποιούνταν ως καλλιεργήσιμες εκτάσεις ή ως οικόπεδα λόγω της ένταξης τους στο σχέδιο πόλης. Πιο συγκεκριμένα βλέπουμε ανοικοδόμηση στα βόρεια της πόλης εκατέρωθεν του Πηνειού ποταμού καθώς και προς στα νότια και νοτιοανατολικά. Επίσης αρχίζει να παρατηρείται έντονη ανοικοδόμηση εκατέρωθεν των οδικών αξόνων που αποτελούν εισόδους της πόλης καθώς επίσης και γύρω την παλαιά εθνική οδό (ΠΑΘΕ) Αθηνών – Θεσσαλονίκης.

Η μεγαλύτερη και πιο έντονη σε κλίμακα αστική ανάπτυξη παρατηρείται στην αρχή της δεκαετίας του 2000 έως το 2008 όπου και είναι μια χρονιά ορόσημο για την χώρα όπου άρχισαν να διαφαίνονται και τα πρώτα σημάδια της επικείμενης οικονομικής κρίσης. Η πόλη άρχισε να γίνεται ακόμη πιο πυκνοκατοικημένη στις προαναφερθείσες περιφερειακές περιοχές αλλά άρχισε να παρατηρείται και μια έντονη οικιστική ανάπτυξη σε παρακείμενα χωριά σε ακτίνα έως και δέκα χιλιόμετρα περιμετρικά της πόλης. Χωριά όπως η Γιάννουλη στα βόρεια, η Τερψιθέα στα δυτικά, η Νίκαια στα νότια και ο Πλατύκαμπος στα ανατολικά, γίνονται πόλος έλξης για πολλούς κατοίκους που θέλουν να αφήσουν το κέντρο της πόλης και να αναζητήσουν μια πιο ήρεμη οικιστική λύση.

Με την μέθοδο που ακολουθήθηκε καταφέραμε να παρατηρήσουμε την διαχρονική αλλαγή της μορφολογίας του αστικού περιβάλλοντος της πόλης καθώς και των χρήσεων γης μέσα σε τρεις δεκαετίες. Ειδικότερα γίνεται εμφανής η αλλαγή της χρήσης γης εκτάσεων στις παρυφές της πόλης, που χρησιμοποιούνταν στη γεωργία, να εντάσσονται σε σύντομο χρονικό



διάστημα στο αστικό περιβάλλον, λόγω της μεγένθυσης της πόλης και της ανάγκης για νέες περιοχές προς οικιστική ανάπτυξη. Έτσι κοντινά στην πόλη χωριά τείνουν να μετατραπούν σε σύντομο χρονικό διάστημα σε προάστια της πόλης και να αλλάξουν τελείως μορφή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αγγελοπούλου, 2003 - Αγγελοπούλου, Ε., 2003: Επεξεργασία Δορυφορικών Εικόνων ASTER για την Περιοχή της Κρήτης, Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά.
- Αργιαλάς, 1999 - Αργιαλάς Δ. (1999). "Φωτοερμηνεία-Τηλεπισκόπηση". Εγχειρίδιο μαθήματος ΕΜΠ ΣΑΤΜ, Αθήνα
- Αστάρας, 2010 - Αστάρας, Θ., 2010: Τηλεπισκόπηση- Φωτοερμηνεία πανεπ. σημειώσεις, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Μερτίκας, 1999 - Μερτίκας, Σ., Π., 1999: Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.
- Πασιάκου, 2009 - Πασιάκου, Χ., 2009: Αξιολόγηση Αλγόριθμων Εντοπισμού Μεταβολών για Διαχρονική Περιβαλλοντική Μελέτη του Φράγματος Πολυφύτου του Ποταμού Αλιάκμονα, Διατριβή ειδίκευσης, Α.Π.Θ., Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
- Τσακίρη, 2004 - Τσακίρη- Στρατή, Μ., 2004: Τηλεπισκόπηση, πανεπ. σημειώσεις, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
- Astaras and Silles, 1984 - Astaras, T., and Silles, N., 1984: Land Classification of Part of Central Macedonia (Greece) by the use of Remote Sensing Techniques, INT. J. REMOTE SENSING, 1984, vol.5, no.1, 289-302.
- Conecny 1996 - Conecny G. & J. Schieve, 1996. "Mapping from digital satellite image data with special refernce to MOMS-02", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 51 173-181, 1996.
- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., 2004: Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review, International Journal of Remote Sensing 38: 2017-2031.
- Clark labs, IDRISI Focus Paper
- Doyle 1996, Fritz 1996 -Doyle F. J., 1996. "Thirty Years of Mapping From Space", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXI, Part B4, pp. 227-230, Vienna 1996 Singh, A., 1989: Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed data, International Journal of Remote Sensing, 10(6): 989-1003.
- Inzana, J., Kusky, T., Higgs, G., Tucker, R., 2003: Supervised classifications of Landsat TM band ratio images and Landsat TM band ratio image with radar for geological interpretations of central Madagascar, Journal of African Earth Sciences 37, 59-72.

J. Ronald Eastman , Florencia Sangermano , Bardan Ghimire , Honglei Zhu ,Hao Chen , Neeti Neeti , Yongming Cai , Elia A. Machado & Stefano C. Crema (2009): Seasonal trend analysis of image time series, *International Journal of Remote Sensing*, 30:10, 2721-2726

Jobin, B., Latendresse, C., Grenier, M., Maisonneuve, C., Sebbane, A., 2010: Recent Landscape Change at the Ecoregion Scale in Southern Québec (Canada) 1993–2001, *Environ Monit Assess* (2010) 164:631–647 DOI 10.1007/s10661-009-0918-5.

Macleod, R. D., and Congalton, R. G., 1998: A Quantitative Comparison of Change-Detection Algorithms for Monitoring Eelgrass from RemotelySensed Data, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 64, No.3, March 1998, pp. 207-216.

Robert A. Schowengerdt, *Remote Sensing, Models and Methods for Image Processing*, 3rd Edition, Elsevier, 2007

Valentina Constantinescu Rohitesh Richard. *Unsupervised Classification of Spectrally Landsat TM data*. 2010

Van der Meer and De Jong,2001 - Freek van der Meer, Steven M. de Jong , Springer, 2002

(URL 1) Δήμος Λαρισαίων <http://www.larissa-dimos.gr/new/>

(URL 2)Περιφέρεια Θεσσαλίας <http://www.pthes.gov.gr/>