



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ

ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΘΕΜΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

Χαρτογράφηση περιοχών στην επιφάνεια της Γης με
τη χρήση δορυφόρων



ΤΣΑΠΑΛΙΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Επιβλέπων καθηγητής: Σπυρίδων Χρονόπουλος

Άρτα 2010

Περιεχόμενα

	Σελ.
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Δορυφόροι	
Γενικά	8
1.2 Τεχνητοί δορυφόροι	8
1.2 Δορυφόροι περιβαλλοντικής παρακολούθησης-χαρακτηριστικά	9
1.2.1 Δορυφόροι πολικής ηλιοσύγχρονης τροχιάς	9
1.2.2 Δορυφόροι γεωστατικής τροχιάς	11
1.2.3 Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα πολικής – γεωστατικής τροχιάς	13
1.3 Δορυφόροι περιβαλλοντικής παρακολούθησης	14
1.3.1 Δορυφόροι LANDSAT	14
1.3.2 Δορυφόροι SPOT	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Τηλεπισκόπηση	
Ορισμός τηλεπισκόπησης	20
2.1 Στάδια τηλεπισκόπησης	20
2.2 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	22
2.3 Διάδοση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα	25
• Σκέδαση Rayleigh	
• Σκέδαση Mie	
• Μη επιλεκτική σκέδαση	
• Απορρόφηση	
2.4 Ατμοσφαιρικά παράθυρα	28
2.5 Διάδοση, απορρόφηση, ανάκλαση	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Τηλεπισκοπικοί αισθητήρες	
3.1 Ενεργοί αισθητήρες	34
3.2 Παθητική αισθητήρες	34
3.3 Απεικονιστικοί και μη απεικονιστικοί αισθητήρες	35
3.4 Ραδιόμετρα	36

3.5 Ανιχνευτική, μη ανιχνευτική λειτουργία	36
3.6 Συστήματα πλαισίωσης	37
3.7 Χωρική ανάλυση, μέγεθος pixel και κλίμακα	37
3.8 Φασματική ανάλυση	40
3.9 Ραδιομετρική ανάλυση	42
3.10 Χρονική ανάλυση	44
3.11 Πολυφασματική ανάλυση	45
3.12 Θερμική απεικόνιση	50
3.13 Γεωμετρικές παραμορφώσεις στην απεικόνιση	52
3.14 Κυριότεροι τηλεπισκοπικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα	53
3.15 Θεματικός χαρτογράφος TM	54
3.16 Εξελιγμένο ραδιόμετρο πολύ υψηλής ανάλυσης AVHRR	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η συμβολή της τηλεπισκόπησης στην οικολογία με βάση τις καταγραφές στα κανάλια 3 και 4 του ραδιόμετρου AVHRR

4.1 Δεδομένα και μεθοδολογία	64
Αποτελέσματα	68
Συμπεράσματα	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών(G.I.S)

Ορισμός	74
5.1 Υπολογιστικό σύστημα και τα περιφερειακά του	75
5.2 Λογισμικό	76
5.3 Δεδομένα	77
5.4 Δομή δεδομένων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών	79
• Δομή raster	
• Δομή διανύσματος	
Συνδυασμός της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών	80
Βιβλιογραφία	83

Ευρετήριο σχημάτων

	Σελ.
Σχήμα 1.2.1: Πολική τροχιά	10
Σχήμα 1.2.2: Ηλιακά συγχρονισμένη τροχιά	10
Σχήμα 1.2.2.1: Γεωστατική δορυφόροι	12
Σχήμα 1.3.2.1: Δορυφόρος SPOT	12
Σχήμα 1.3.2.2 Αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των δύο ανιχνευόμενων μονοπατιών	18
Σχήμα 2.1: Στάδια τηλεπισκόπισης	21
Σχήμα 2.2: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	23
Σχήμα 2.3.1: Φαινόμενο σκέδασης	25
Σχήμα 2.3.2: Σκέδαση Rayleigh	26
Σχήμα 2.3.3:Επιλεκτική σκέδαση	27
Σχήμα 2.3.4:Ατμοσφαιρική απορρόφηση	28
Σχήμα 2.4.1:Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων	28
Σχήμα 2.4.2:Ατμοσφαιρικά παράθυρα	29
Σχήμα 2.4.3:Αλληλεπιδράσεις με το στόχο	31
Σχήμα 2.4.4:Φασματικές υπογραφές	33
Σχήμα 3.7.1:Στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης	38
Σχήμα 3.7.2:Ψηφιοποίηση λαμβανόμενης εικόνας	39
Σχήμα 3.8:Φασματική ανάλυση ασπρόμαυρων/έγχρωμων φιλμ	41
Σχήμα 3.9:Ραδιομετρική ανάλυση διαφορετικών αισθητήρων	43
Σχήμα 3.10:Χρονική ανάλυση διαφορετικών αισθητήρων	44
Σχήμα 3.11.1:Πολυφασματική ανίχνευση εγκάρσια ως προς την τροχιά	45
Σχήμα 3.11.2:Τμήματα αισθητήρα ανίχνευσης εγκάρσιας ως προς την τροχιά	48
Σχήμα 3.11.3:Ανίχνευση κατά μήκος της τροχιάς	49
Σχήμα 3.12: Θερμικός αισθητήρας	51
Σχήμα 3.15.1: Δορυφόρος Land sat 4	55
Σχήμα 3.15.3:Αισθητήρας TM	58
Σχήμα 3.15.4:Βασικά μέρη οπτικής/ανιχνευτικής λειτουργίας TM	58
Σχήμα 3.16:Δορυφόρος TIROS-N	60
Σχήμα 4.1.1: Διάγραμμα ροής του μοντέλου που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των	66

συμβάντων	
Σχήμα 4.1.2 : Κανάλια 3 και 4 του AVHRR στις 2 Ιουνίου 1987 (13:55 UTC)	68
Σχήμα 4.1.3: Ανίχνευση του συμβάντος στο υπέρυθρο	68
Σχήμα 4.1.4 : Χωρική κατανομή της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4 στην περιοχή γύρω από το ατύχημα	69
Σχήμα 4.1.5: Κανάλι 2 του AVHRR στις 2 Ιουνίου 1987 (13:55 UTC)	70
Σχήμα 4.1.6 Κανάλια 3 και 4 του AVHRR στις 24 Φεβρουαρίου 1986 (12:55 UTC)	70
Σχήμα 4.1.7: Ανίχνευση του συμβάντος στο υπέρυθρο	71
Σχήμα 4.1.8 : Χωρική κατανομή της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4 στην περιοχή γύρω από το ατύχημα	71
Σχήμα 4.1.9: Κανάλι 2 του AVHRR στις 24 Φεβρουαρίου 1986 (12:55 UTC)	72
Σχήμα 5.1 : Υπολογιστικό σύστημα και τα περιφερειακά του	76
Σχήμα 5.2 : Λογισμικό	77

Ευρετήριο πινάκων

	Σελ.
Πίνακας 1.2.3: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα πολιτικής και γεωστατικής τροχιάς	13
Πίνακας 1.3.2: Φασματικά εύροι των 2 λειτουργιών του HRV	17
Πίνακας 3.15: Φασματικά κανάλια TM	57

Ευχαριστίες

Φτάνοντας στο τέλος της εργασίας αυτής, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά των επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Χρονόπουλο Σπύρο, για την πολύτιμη βοήθεια του στην επιτυχή ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και την οικογένεια μου, όπου με την ψυχική και χρηματική στήριξή της, συνέβαλε έμμεσα στην ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

Λέξεις κλειδιά

Δορυφόρος, Τηλεπισκόπηση, Χαρτογράφηση, Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, Τηλεπισκοπικοί αισθητήρες, Ψηφιοποίηση εικόνας, Χαρτογράφος, AVHRR, Γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών.

Εισαγωγή

Ο τομέας σύνταξης ψηφιακών χαρτών εξελίσσεται ταχέως εξαιτίας των ραγδαίων τεχνολογικών αλλαγών και της διεύρυνσης των κατηγοριών των πελατών, που χρειάζονται χάρτες σε νέες μορφές. Οι χάρτες έχουν ξεπεράσει τα αρχικά όρια της χρήσης τους για στρατιωτικές και κτηματολογικές εφαρμογές και αναζητούνται σε μια αυξανόμενη καθημερινή βάση, από Υπηρεσίες, διαφημιστικές εταιρείες και ιδιώτες. Η πληροφορία που ήταν ως τώρα διαθέσιμη σε αναλογικής μορφής χάρτες, μετατρέπεται σε βάσεις γεωγραφικών δεδομένων, με σκοπό την παραγωγή ψηφιακών χαρτών. Οι συμβατικοί χάρτες, όλο και περισσότερο αποθηκεύονται και ενημερώνονται σε ψηφιακή μορφή και διανέμονται μέσω δικτύων, όπως το Internet. Νέες εφαρμογές, που χρησιμοποιούν εξειδικευμένους ψηφιακούς χάρτες, αναπτύσσονται, όπως οι βάσεις δεδομένων. Συγκεκριμένα δίνεται έμφαση στις βάσεις δεδομένων πλοήγησης οχημάτων, τοπογραφικών και ψηφιακών χαρτών που χρησιμοποιούνται από τις βιομηχανίες τηλεπικοινωνιών για το σχεδιασμό πλοήγησης επί οδικού δικτύου, κινητής τηλεφωνίας κ.λπ. Οι περισσότερες μελέτες, σχετικά με τις σημερινές και μελλοντικές ανάγκες παραγωγής ψηφιακών χαρτών, επικεντρώνονται στους τομείς σύνταξης, διόρθωσης και ενημέρωσης των δικτύων τους, καθώς αποτελούν ιδιαίτερα δραστήριους τομείς της σύγχρονης αγοράς.

Η χρήση των τηλεπισκοπικών δεδομένων στην ψηφιακή χαρτογράφηση δεν περιορίζεται στην αρχική σύνταξη χαρτών. Ο μεγάλος όγκος λεπτομερειών, που είναι αποθηκευμένος στις βάσεις δεδομένων και αναπτύσσεται δυναμικά μέσα από τις ετήσιες μεταβολές, θέτει μεσοπρόθεσμα το κρίσιμο ζήτημα της ενημέρωσής τους.

Για να πραγματοποιήσουμε όμως χαρτογράφηση μέσω τηλεπισκοπικών συστημάτων, χρειαζόμαστε δορυφορικά μέσα, τα οποία αναλύονται στην παρούσα εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΔΟΥΦΟΡΟΙ

Γενικά

Κάθε σώμα το οποίο εκτελεί περιφορά και διαγράφει κλειστή καμπύλη (έλλειψη ή κύκλο) γύρω από ουράνιο σώμα λόγω της ελκτικής δυνάμεως που ασκείται πάνω του, καλείται δορυφόρος του ουράνιου σώματος. Η κίνηση ενός δορυφόρου διέπεται από τους νόμους του Kepler και η τροχιά του υπολογίζεται με την εφαρμογή των νόμων της Νευτώνειας Μηχανικής. Η μορφή της τροχιάς προσδιορίζεται μονοσήμαντα από το ύψος, το μέτρο και την κατεύθυνση της ταχύτητας που έχει ο δορυφόρος τη στιγμή που μπαίνει σε τροχιά.

Όλοι οι πλανήτες και οι αστεροειδείς του ηλιακού μας συστήματος, αλλά και οι περισσότεροι κομήτες διέπονται από τους ίδιους νόμους, αφού και αυτοί με την σειρά τους περιφέρονται ως δορυφόροι γύρω από τον Ήλιο. Εκτός από τους φυσικούς δορυφόρους όπως είναι η Σελήνη (δορυφόρος της Γης), ο Τιτάνας (δορυφόρος του Κρόνου) κ.α., έχουμε και τους τεχνητούς.

1.1 Τεχνητοί δορυφόροι

Τεχνητός δορυφόρος καλείται κάθε ανθρώπινο κατασκεύασμα ή σώμα, που έχει τεθεί από τον άνθρωπο, σε τροχιά γύρω από την Γη ή γενικότερα γύρω από ουράνιο σώμα του ηλιακού μας συστήματος.

Κάθε δορυφόρος της Γης διαγράφει ελλειπτική τροχιά, μία εστία της οποίας κατέχει το κέντρο της Γης που την θεωρούμε κατά προσέγγιση σφαιρική. Στις περιπτώσεις που κατά προσέγγιση μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η κίνηση ενός δορυφόρου είναι κυκλική (εκφυλισμένη έλλειψη), η Γη βρίσκεται στο κέντρο της κυκλικής αυτής τροχιάς. Η μόνη δύναμη που ασκείται στον δορυφόρο είναι η ελκτική δύναμη που ασκεί η Γη και επενεργεί ως κεντρομόλος δύναμη.

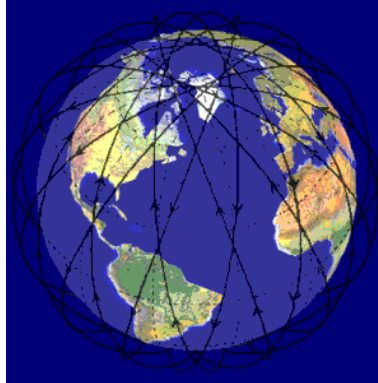
1.2 Δορυφόροι περιβαλλοντικής παρακολούθησης

Οι τεχνητοί δορυφόροι αποτελούν τις ιδανικές πλατφόρμες για την τοποθέτηση των τηλεπισκοπικών δεκτών. Έχουν προκαθορισμένη τροχιά, και παρέχουν δυνατότητα συνεχής παρακολούθησης της Γης. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της τροχιάς τους διακρίνονται σε 2 κατηγορίες:

- σε δορυφόρους με **πολική ηλιοσύγχρονη** (sun-synchronous) **τροχιά**,
- σε δορυφόρους με **Ισημερινή γεωσύγχρονη** (equatorial geosynchronous) **τροχιά**.

1.2.1 Δορυφόροι πολικής ηλιοσύγχρονης τροχιάς

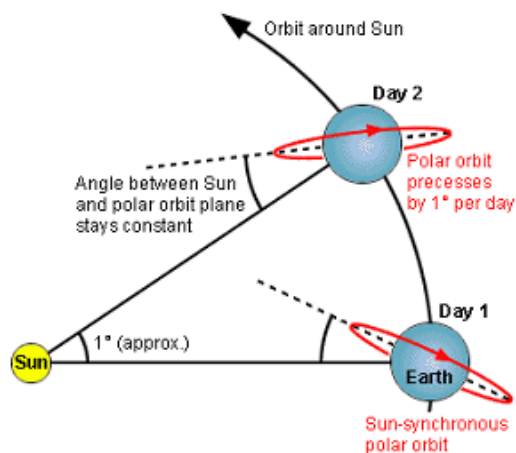
Οι δορυφόροι πολικής τροχιάς ακολουθούν μια τροχιά (βόρεια-νότια) η οποία σε συνδυασμό με την περιστροφή της γης (δυτικά-ανατολικά), τους επιτρέπει να καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειάς της κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης χρονικής περιόδου. Πρόκειται για τις ονομαζόμενες σχεδόν πολικές τροχιές (near-polar orbits). Οι δορυφόροι που διανύουν τέτοιου είδους τροχιές, περιστρέφονται γύρω από τη γη σε διαμήκη διεύθυνση περνώντας πάνω από τους πόλους, διατηρώντας τροχιακή κλίση περίπου 90° ως προς το επίπεδο του ισημερινού σε ύψος που κυμαίνεται από 700 έως 1700 Km. Εξαιτίας της περιστροφής της γης, χρησιμοποιώντας πλατφόρμες με πολικές ή σχεδόν πολικές τροχιές μπορούμε να συνδυάσουμε τα πλεονεκτήματα του χαμηλού ύψους τροχιάς και της παγκόσμιας κάλυψης.



Σχήμα 1.2.1: Η τροχιά ενός σχεδόν πολικού δορυφόρου.

Οι δορυφόροι πολικής τροχιάς ακολουθούν τροχιές, οι οποίες μπορεί να είναι επίσης ηλιακά συγχρονισμένες (sun-synchronous), με την έννοια ότι καλύπτουν κάθε περιοχή του κόσμου σε μια σταθερή τοπική ώρα της ημέρας, η οποία ονομάζεται τοπική ηλιακή ώρα. Σε κάθε δεδομένο γεωγραφικό πλάτος, η θέση του ηλίου στον ουρανό καθώς ο δορυφόρος περνάει από πάνω από την εκάστοτε περιοχή κάλυψης θα είναι η ίδια την ίδια εποχή.

Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει συνεχείς και αμετάβλητες συνθήκες φωτισμού, όταν λαμβάνονται εικόνες σε δεδομένη εποχή κατά τη διάρκεια διαδοχικών χρόνων κάλυψης, ή σε μια προκαθορισμένη περιοχή κατά τη διάρκεια μιας σειράς ημερών. Αυτός ο παράγοντας είναι πολύ σημαντικός για την ανίχνευση και παρακολούθηση αλλαγών μεταξύ των συλλεγόμενων εικόνων ή για τη συνένωση διαδοχικών εικόνων, αφού δεν απαιτούνται διορθώσεις εξαιτίας διαφορετικών συνθηκών φωτισμού.



Σχήμα 1.2.2: Ηλιακά συγχρονισμένη τροχιά

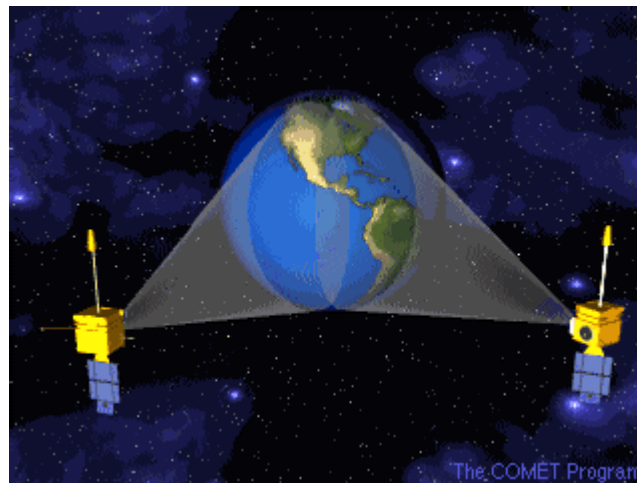
Το χαμηλό ύψος μιας ηλιακά συγχρονισμένης τροχιάς επιτρέπει καλή χωρική ανάλυση. Επιπλέον διευκολύνει τις ενεργές μετρήσεις με χρήση οργάνων ραντάρ ή lidar. Η κυκλική τροχιά οδηγεί σε σταθερή ταχύτητα του δορυφόρου, η οποία είναι πολύ σημαντική για την απόκτηση σταθερής ανάλυσης ανίχνευσης κατά μήκος της ανιχνευόμενης διαδρομής στο έδαφος. Η σχεδόν πολική τροχιά επιτρέπει παγκόσμια κάλυψη για την παρατήρηση ολόκληρης της γης. Ύψη τροχιάς που κυμαίνονται από 700 έως 900 Km, επιτρέπουν τόσο τη σάρωση μίας αρκετά μεγάλης διαδρομής, προσφέροντας καθημερινή παγκόσμια κάλυψη όσο και μια καλή χωρική ανάλυση. Σε αρκετές από τις αποστολές περιβαλλοντικής παρακολούθησης χρησιμοποιούνται ηλιακά συγχρονισμένοι δορυφόροι με χαμηλές σχεδόν πολικές τροχιές, όπως οι μετεωρολογικοί δορυφόροι NOAA καθώς και οι δορυφόροι Landsat, SPOT και ERS.

1.2.2 Δορυφόροι γεωστατικής τροχιάς

Οι δορυφόροι που βρίσκονται σε πολύ μεγάλα ύψη και οι οποίοι παρατηρούν το ίδιο τμήμα της επιφάνειας της γης σε όλες τις χρονικές στιγμές έχουν γεωστατικές τροχιές. Αυτοί οι γεωστατικοί δορυφόροι, οι οποίοι βρίσκονται σε ύψος 36.000 km περίπου, περιστρέφονται γύρω από τη γη με κατεύθυνση από δυτικά προς ανατολικά, ακριβώς πάνω από τον ισημερινό και με τέτοια ταχύτητα ώστε η περιστροφή τους να είναι ίση με την περιστροφή της Γης. Επομένως φαίνονται στατικοί σε σχέση με την επιφάνεια της Γης.

Τα χαρακτηριστικά μιας τέτοιας τροχιάς επιτρέπουν στους γεωστατικούς δορυφόρους να παρατηρούν και να συλλέγουν πληροφορίες συνεχώς, πάνω από συγκεκριμένες περιοχές. Οι μετεωρολογικοί και οι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι διανύουν τέτοιες τροχιές. Εξαιτίας του μεγάλου ύψους τους, ορισμένοι γεωστατικοί μετεωρολογικοί δορυφόροι μπορούν να παρακολουθούν τα καιρικά φαινόμενα και τα χαρακτηριστικά των νεφώσεων καλύπτοντας ένα ολόκληρο ημισφαίριο της Γης.

Η Αμερική διαθέτει δύο γεωστατικούς δορυφόρους, οι οποίοι ονομάζονται Περιβαλλοντικοί Δορυφόροι με Γεωστατική Λειτουργία GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites). Οι περιοχές κάλυψής τους φαίνονται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 1.2.2.1: Γεωστατική δορυφόροι

1.2.3 Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα πολικής - γεωστατικής τροχιάς

Στον επόμενο πίνακα συνοψίζονται ορισμένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τόσο των γεωστατικών όσο και των πολικών τροχιών.

Πίνακας 1.2.3: Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα πολικής και γεωστατικής τροχιάς

Γεωστατική τροχιά Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα	Πολική τροχιά Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα
Δεν είναι εφικτή η παρακολούθηση των πολικών τροχιών.	Παγκόσμια κάλυψη
Ο δορυφόρος είναι μόνιμα ορατός από όλα τα σημεία της γης. Επιτυγχάνεται δειγματοληψία τόσο συχνά όσο επιτρέπει η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία. Επομένως καθίσταται δυνατή η παρακολούθηση ραγδαίων εξελισσόμενων φαινομένων.	Δεν είναι εφικτή η συνεχής παρακολούθηση. Άρα, κάθε σημείο πάνω στην επιφάνεια της γης σαρώνεται στην καλύτερη περίπτωση μία φορά σε κάθε τροχιά (περίπου κάθε 100 λεπτά) για τις πολικές περιοχές ενώ στη χειρότερη περίπτωση, δύο φορές την ημέρα για περιοχές κοντά στον ισημερινό.
Χαμηλή χωρική ανάλυση. Η τροχιά μεγάλου ύψους επιτρέπει στην καλύτερη περίπτωση ανάλυση 1km, με την παρούσα τεχνολογία.	Καλή χωρική ανάλυση, λόγω του χαμηλού ύψους της διανυόμενης τροχιάς.
Μετρήσεις στην ορατή περιοχή του φάσματος είναι εφικτές μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας, με γρήγορες μεταβολές των συνθηκών φωτισμού.	Αμετάβλητες συνθήκες φωτισμού για τις παρατηρούμενες επιφάνειες, με μόνο κάποιες εποχιακές μεταβολές.
Χαμηλή τροφοδοσία ισχύος κατά τις περιόδους εκλείψεων κατά το φθινόπωρο και την άνοιξη.	Αμετάβλητη και συνεχής τροφοδοσία ηλιακής ενέργειας, λόγω του ηλιακού συγχρονισμού.
Μόνο ένας επίγειος σταθμός απαιτείται για τη δορυφορική παρακολούθηση.	Η συνεχής δορυφορική παρακολούθηση απαιτεί αρκετούς επίγειους σταθμούς.

1.3 Δορυφόροι περιβαλλοντικής παρακολούθησης

Πληροφορία προερχόμενη από δορυφορικά συστήματα παρακολούθησης της Γης, όλο και περισσότερο χρησιμοποιείται για την ακριβέστερη καταγραφή των μετρήσεων που απαιτούνται στις διάφορες φάσεις εξέλιξης των φυσικών επικίνδυνων φαινομένων, όπως και στα προγράμματα διαχείρισης των φυσικών καταστροφών.

Χρησιμοποιώντας πληροφορίες από δορυφόρους που εκτελούν τροχιές γύρω από τη Γη, είναι δυνατό να αποκτηθεί γρήγορα μια γενική εικόνα της κατάστασης πάνω από μεγάλες εδαφικές περιοχές, να αναγνωριστούν περιοχές υψηλής επικινδυνότητας, να ανιχνευθούν φωτιές ώστε να αντιμετωπιστούν και αφού τεθούν υπό έλεγχο να εκτιμηθούν με ακρίβεια οι κατεστραμμένες περιοχές, χαρτογραφώντας τα όρια και την έκτασή τους.

1.3.1 Δορυφόροι LANDSAT

Αν και πολλά από τα μετεωρολογικά δορυφορικά συστήματα, χρησιμοποιούνται και για την παρατήρηση της γήινης επιφάνειας, δεν μπορούν να παρέχουν τη βέλτιστη και επομένως λεπτομερή χαρτογράφηση και απεικόνιση της γήινης επιφάνειας του εδάφους. Η επιτυχία του Landsat οφείλεται σε αρκετούς παράγοντες, ανάμεσα στους οποίους περιλαμβάνονται ο συνδυασμός αισθητήρων με φασματικές ζώνες κατάλληλες για την παρακολούθηση της γης, παροχή της απαραίτητης χωρικής ανάλυσης και ικανοποιητική κάλυψη ανιχνευόμενης περιοχής τόσο σε ότι αφορά το πλάτος της ανιχνευόμενης διαδρομής όσο και την περίοδο επαναπροσέγγισης. Η μεγάλη διάρκεια ζωής του προγράμματος μέσω της μακροχρόνιας παρατήρησης και έρευνας έχει αποδώσει ένα τεράστιο αρχείο στοιχείων σχετικών με τον πλανήτη μας, το οποίο διευκολύνει την ιστορική καταγραφή των φαινομένων που λαμβάνουν χώρα σε αυτόν.

Οι δορυφόροι Landsat τοποθετούνται σε σχεδόν πολικές ηλιακά συγχρονισμένες τροχιές. Οι πρώτοι 3 δορυφόροι (Landsat 1-3) βρίσκονται σε ύψος 900 km περίπου και έχουν περιόδους επαναπροσέγγισης 18 ημερών, ενώ οι πιο σύγχρονοι δορυφόροι της ίδιας σειράς, βρίσκονται σε ύψος 700 km και έχουν περίοδο επαναπροσέγγισης 16 ημερών. Όλοι οι δορυφόροι Landsat διασχίζουν τον ισημερινό κατά τις πρωινές ώρες, ώστε να βελτιστοποιούν τις συνθήκες παρατήρησης (φωτισμός).

Ο πρώτος δορυφόρος Landsat 1 μετέφερε μια τηλεοπτική κάμερα και έναν πειραματικό αισθητήρα, τον ονομαζόμενο πολυφασματικό ανιχνευτή MSS (Multispectral scanner). Η χρησιμότητα του αισθητήρα αυτού αναγνωρίστηκε τόσο γρήγορα και αποδείχτηκε τόσο πολύτιμος που αποτέλεσε μέρος των ωφέλιμων φορτίων και των επόμενων 4 δορυφόρων Landsat που τέθηκαν αργότερα σε τροχιά.

Ο δορυφόρος Landsat 4 εξοπλίστηκε με έναν καινούριο αισθητήρα, το Θεματικό Χαρτογράφο TM (Thematic Mapper). Ο θεματικός χαρτογράφος ήταν σημαντικά βελτιωμένος συγκρινόμενος με τον αρχικό αισθητήρα, παρέχοντας μεγαλύτερη ανάλυση στην ορατή και εγγύς υπέρυθρη περιοχή (30 m έναντι 80 m), 3 επιπλέον φασματικά κανάλια (συνολικά 7 κανάλια έναντι 4 καναλιών) και αύξηση στον αριθμό των ανιχνευτών ανά φασματική ζώνη. Ένας δεύτερος θεματικός χαρτογράφος χρησιμοποιήθηκε στον Landsat 5, ο οποίος σήμερα παραμένει σε λειτουργία. Ο δορυφόρος 6 δεν κατάφερε να τεθεί σε τροχιά μετά την εκτόξευσή του.

Ο Landsat 7 εκτοξεύτηκε το 1999 και είναι εφοδιασμένος με τον Επαυξημένο Θεματικό Χαρτογράφο ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), ο οποίος παρέχει τη μοναδική ικανότητα να παρακολουθεί εποχιακά διάφορες συνθήκες μικρής κλίμακας που λαμβάνουν χώρα σε παγκόσμιο επίπεδο, όπως τον ετήσιο κύκλο ανάπτυξης της βλάστησης, την εκχέρσωση, τη γεωργική εκμετάλλευση της γης, τη διάβρωση καθώς και άλλες μορφές υποβιβασμού του εδάφους, τη συσσώρευση και την τήξη των πάγων και τη συσχετιζόμενη αναπλήρωση των αποθεμάτων πόσιμου νερού καθώς και την αστικοποίηση.

Για περισσότερα από 25 χρόνια η αποστολή των δορυφόρων Landsat παρέχει λεπτομερείς παρατηρήσεις σχετικά με την επιφάνεια του πλανήτη μας. Εκτιμήσεις σχετικές με τη γεωργία και με την παράκτια ζώνη, καταγραφή δασικών πυρκαγιών,

γεωλογικές παρακολουθήσεις, εκτιμήσεις αποθεμάτων νερού και πολλές ακόμη εφαρμογές έχουν πραγματοποιηθεί με χρήση πληροφορίας από τους Landsat, ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες της οικονομίας, των κυβερνήσεων, της επιστήμης και της εκπαίδευσης.

1.3.2 SPOT

Το σύστημα SPOT, για την παρακολούθηση της Γης, αποτελείται από μια σειρά απεικονιστικών δορυφόρων για την παρατήρηση της Γης που σχεδιάστηκε από το εθνικό κέντρο χωρικών μελετών της Γαλλίας, με την υποστήριξη της Σουηδίας και του Βελγίου. Όλοι οι δορυφόροι SPOT διατηρούν ηλιακά συγχρονισμένες σχεδόν πολικές τροχιές σε ύψη 830 Km περίπου πάνω από τη Γη, με αποτέλεσμα η τροχιά να επαναλαμβάνεται κάθε 26 ημέρες, ενώ διασχίζουν τον ισημερινό στις 10:30 πμ. περίπου, σε τοπική ηλιακή ώρα. Ο δορυφόρος SPOT σχεδιάστηκε για να γίνει ένας εμπορικός προμηθευτής πληροφοριών που λαμβάνονται μέσω τηλεπισκοπικής παρακολούθησης της Γης και ήταν ο πρώτος δορυφόρος που χρησιμοποίησε την τεχνική της ανίχνευσης κατά μήκος της τροχιάς.



Σχήμα 1.3.2.1: Δορυφόρος SPOT

Καθένας από τους δορυφόρους SPOT έχει δύο όμοια υψηλής ανάλυσης ορατά απεικονιστικά συστήματα HRV (High Resolution Visible), τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν είτε ανεξάρτητα είτε ταυτόχρονα. Κάθε τέτοιο όργανο μπορεί να ανιχνεύει σε λειτουργία ενός παγχρωματικού καναλιού υψηλής ανάλυσης, είτε σε λειτουργία 3 πολυφασματικών καναλιών μέτριας ανάλυσης.

Κάθε HRV αισθητήρας ανίχνευσης κατά μήκος της τροχιάς αποτελείται από 4 γραμμικές σειρές ανιχνευτών. Το πλάτος της ανιχνευόμενης διαδρομής και για τις 2 λειτουργίες είναι 60 Km στο σημείο ναδίρ του διαστημικού σκάφους. Στον επόμενο πίνακα απεικονίζονται τα φασματικά χαρακτηριστικά των δύο διαφορετικών λειτουργιών.

Πίνακας 1.3.2: Φασματικά εύρη των 2 λειτουργιών του HRV

Φασματικό εύρος των 2 λειτουργιών του HRV	
Λειτουργία/Κανάλια	Εύρος μηκών κύματος (μm)
Παγχρωματική (PLA) :	0,51-0,73 (μπλε-πράσινο-κόκκινο)
Πολυφασματική (MLA) :	
Κανάλι 1:	0,50-0,59 (πράσινο)
Κανάλι 2:	0,61-0,68 (κόκκινο)
Κανάλι 3:	0,79-0,89 (εγγύς υπέρυθρο)

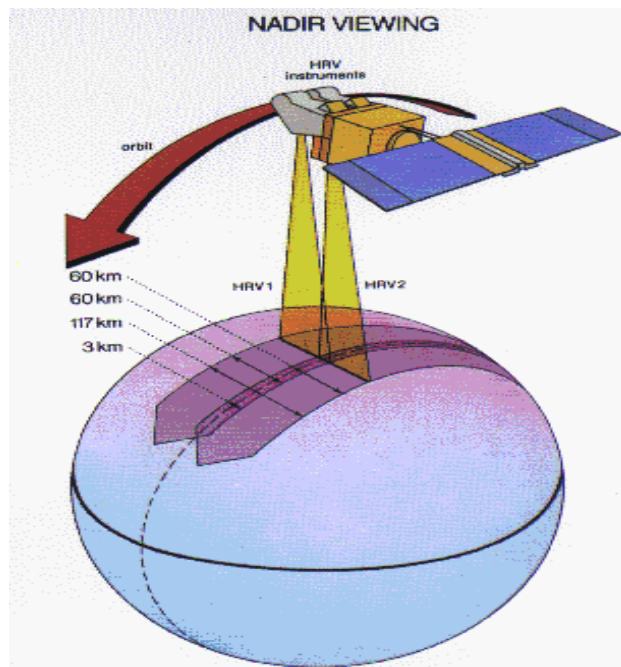
Η γωνία ανίχνευσης των αισθητήρων μπορεί να ρυθμιστεί ώστε αυτοί να μπορούν να ανιχνεύουν και στις δύο πλευρές δεξιά και αριστερά από το κάθετο ίχνος του δορυφόρου (σημείο ναδίρ), επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό ανίχνευση εκτός του σημείου ναδίρ και την καλύτερη ικανότητα επαναπροσέγγισης των στόχων. Η ικανότητα αυτή να στοχεύουν οι αισθητήρες σε γωνία μέχρι και 27° από το σημείο ναδίρ, επιτρέπει στο δορυφόρο SPOT να παρακολουθεί τη Γη μέσω μίας διαδρομής 950 Km και να επαναπροσεγγίζει οποιαδήποτε τοποθεσία αρκετές φορές μέσα σε μία εβδομάδα.

Καθώς οι αισθητήρες στοχεύουν σε σημεία πέρα από το ναδίρ, το πλάτος της ανιχνευόμενης διαδρομής ποικίλει από 60 έως 80 km. Με τον τρόπο αυτό όχι μόνο αυξάνεται η ικανότητα αυτού του δορυφόρου να παρακολουθεί σημεία ιδιαίτερης

σημασίας στο έδαφος της Γης, αλλά αυξάνεται και η πιθανότητα να ληφθούν φωτογραφίες από την επιφάνεια της Γης χωρίς την παρεμβολή νεφών, Επιπλέον η πλάγια παρατήρηση παρέχει τη δυνατότητα απόκτησης εικόνων για στερεοσκοπική κάλυψη.

Παρακολουθώντας την ίδια περιοχή από δύο διαφορετικές γωνίες, η προκύπτουσα απεικόνιση μπορεί να αναλυθεί ως ένα τρισδιάστατο μοντέλο. Πρόκειται για μια τεχνική τεράστιας αξίας για την ερμηνεία του εδάφους, τη **χαρτογράφηση** και τις οπτικές αναπαραστάσεις των εδαφικών χαρακτηριστικών, γεγονός το οποίο είναι πολύ σημαντικό για την χωροθέτηση επίγειων σταθμών πυρανίχνευσης .

Αυτή η ικανότητα πλάγιας παρατήρησης (oblique viewing) αυξάνει τη συχνότητα επαναπροσέγγισης των περιοχών του ισημερινού σε 3 ημέρες (7 φορές κατά τη διάρκεια των 6 ημερών που διαρκεί η τροχιακή περίοδος). Σημαδεύοντας και τους δύο αισθητήρες HRV ώστε να καλύπτουν γειτονικές διαδρομές στο έδαφος και σε κάθετη κατεύθυνση από το δορυφόρο, στο σημείο ναδίρ, μπορεί να απεικονιστεί μία διαδρομή πλάτους 117 km, αφού δημιουργείται μια αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των δύο ανιχνευόμενων διαδρομών. Σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας, μπορεί να συλλεχθεί τόσο παγχρωματική όσο και πολυφασματική πληροφορία, όχι όμως ταυτόχρονα.



Σχήμα 1.3.2.2: Αλληλοεπικάλυψη μεταξύ των δύο ανιχνευόμενων διαδρομών

Οι δορυφόροι SPOT παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων δορυφορικών τηλεπισκοπικών συστημάτων, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται η υψηλή χωρική ανάλυση, 10m για την παγχρωματική λειτουργία και 20 m για την πολυφασματική λειτουργία, καθώς και οι αισθητήρες με την ικανότητα παρατήρησης εκτός του σημείου ναδίρ στο έδαφος. Η πολυφασματική πληροφορία 3 καναλιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση εικόνων ψευδών χρωμάτων και η παγχρωματική ζώνη μπορεί επιπλέον να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να αυξήσει τη χωρική λεπτομέρεια της πολυφασματικής πληροφορίας.

Οι πιθανές εφαρμογές της πληροφορίας που λαμβάνεται από τους δορυφόρους SPOT είναι πολυάριθμες. Μειονέκτημα των δορυφόρων αυτών είναι ότι τα αισθητήρια όργανά τους δεν υποστηρίζουν θερμική ανάλυση, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να ανιχνεύουν πυρκαγιές.

Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως για την **χαρτογράφηση καμένων περιοχών, για την δημιουργία χαρτών επικινδυνότητας, καθώς και για την δημιουργία ψηφιακού μοντέλου εδάφους που βρίσκει εφαρμογή στην χωροθέτηση πυρανιχνευτικών σταθμών**. Επιπλέον, η απόκτηση στερεοσκοπικής απεικόνισης από τους SPOT παίζει σημαντικό ρόλο στις εφαρμογές **χαρτογράφησης** και στην απόκτηση τοπογραφικών πληροφοριών μέσω της δορυφορικής **τηλεπισκόπησης**.

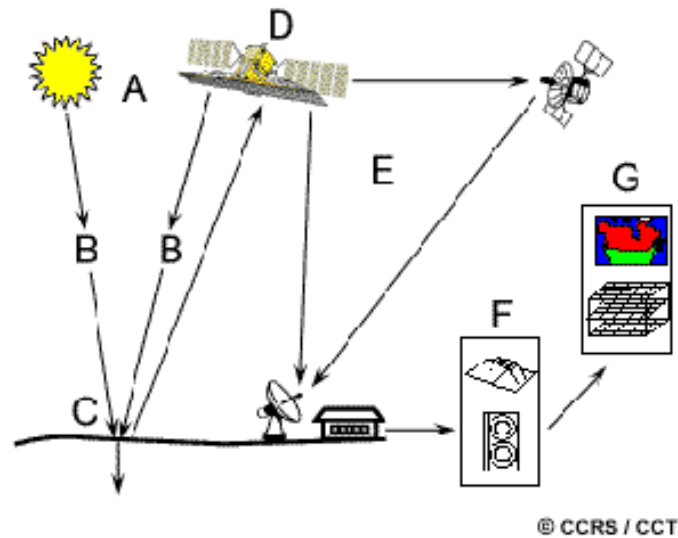
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Ορισμός

Με τον όρο τηλεπισκόπηση εννοούμε την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τις ιδιότητες ενός φαινομένου, ενός αντικειμένου ή ενός υλικού μέσω μιας καταγραφικής συσκευής η οποία δε βρίσκεται σε φυσική και άμεση επαφή με τα παρατηρούμενα αντικείμενα. Συνήθως για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τεχνικές, οι οποίες επεξεργάζονται αποθηκευμένες πληροφορίες σχετικές με περιβαλλοντικά φαινόμενα και οι οποίες έχουν προκύψει από μετρήσεις πεδιακών δυνάμεων, ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ή ακουστικής ενέργειας με τη χρήση ραδιομέτρων, ανιχνευτών lasers, συστημάτων ραντάρ, ηχοβολιστικών και θερμικών συσκευών, φασματομέτρων και άλλων οργάνων μέτρησης. Η παραγόμενη πληροφορία από τα διάφορα όργανα παρατήρησης μπορεί να είναι σε μορφή εικόνας ή σε μορφή χαρτών ή γραφημάτων.

Η κύρια διαδικασία που λαμβάνει χώρα κατά την τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στην προσπίπτουσα ακτινοβολία και τους στόχους άμεσου ενδιαφέροντος. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επεξηγηθεί μέσω των χρησιμοποιούμενων απεικονιστικών συστημάτων, τα οποία περιλαμβάνουν 7 διαφορετικά στάδια. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η τηλεπισκόπηση περιλαμβάνει επίσης και τη μέτρηση της εκπεμπόμενης ενέργειας με τη χρήση μη απεικονιστικών συστημάτων. Τα 7 στοιχεία που αποτελούν την τηλεπισκοπική διαδικασία φαίνονται παραστατικά στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 2.1:Στάδια τηλεπισκόπισης

2.1 Στάδια τηλεπισκόπισης

1. **Πηγή ενέργειας ή ακτινοβολία (A)** – η πρώτη απαίτηση για την τηλεπισκόπιση είναι η ύπαρξη μιας πηγής ενέργειας η οποία θα φωτίζει ή θα κατευθύνει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια στον στόχο του ενδιαφέροντός μας.
2. **Ακτινοβολία και ατμόσφαιρα (B)** – καθώς η ενέργεια διαδίδεται από την πηγή προς τον στόχο θα έρθει σε επαφή και θα αλληλεπιδράσει με την ατμόσφαιρα μέσα από την οποία διέρχεται. Αυτή η αλληλεπίδραση θα λάβει χώρα και δεύτερη φορά καθώς η ενέργεια θα διαδίδεται από τον στόχο προς τον αισθητήρα.
3. **Αλληλεπίδραση με το στόχο (C)** – καθώς η ενέργεια προσπίπτει στον στόχο περνώντας μέσα από την ατμόσφαιρα, αλληλεπιδρά με εκείνον ανάλογα με τις ιδιότητες του όσο και της προσπίπτουσας ακτινοβολίας.
4. **Καταγραφή της ενέργειας από τον αισθητήρα (D)** – μετά τη σκέδαση ή την εκπομπή της ακτινοβολίας από το στόχο απαιτείται ένας αισθητήρας (τηλεπισκοπικός, όχι σε επαφή με το στόχο) για τη συλλογή και την καταγραφή της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας.

5. **Εκπομπή, λήψη και επεξεργασία (E)** – η καταγραφόμενη ενέργεια από τον αισθητήρα πρέπει να μεταδοθεί, συνήθως σε ηλεκτρονική μορφή, σε έναν σταθμό λήψης και επεξεργασίας όπου συμβαίνει η διαδικασία επεξεργασίας της πληροφορίας σε εικόνα.
6. **Ερμηνεία και ανάλυση (F)** – η παραγόμενη πληροφορία αναλύεται οπτικά ή και ψηφιακά για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με τον αρχικά ακτινοβολούμενο στόχο.
7. **Εφαρμογή (G)** – το τελευταίο στάδιο της τηλεπισκοπικής διαδικασίας περιλαμβάνει την εφαρμογή της εξαγόμενης πληροφορίας από την εικόνα, για την καλύτερη κατανόησή της, και για την απόκτηση αποτελεσμάτων που θα συμβάλλουν στην επίλυση κάποιου προβλήματος.

2.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

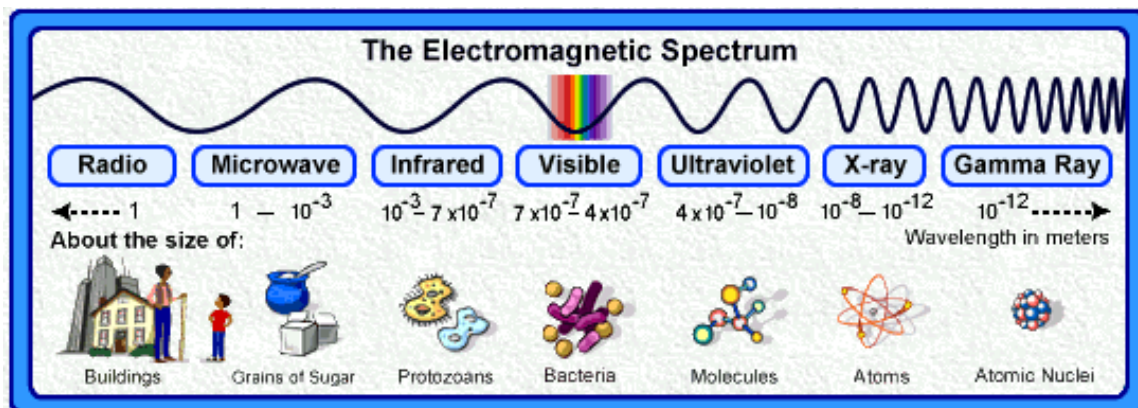
Η βασική αρχή των περισσότερων μεθόδων και συστημάτων τηλεπισκόπησης είναι η μέτρηση των ποικίλων ενεργειακών επιπέδων ενός αντικειμένου ή η μέτρηση του θεμελιώδους μεγέθους (στοιχειώδες σωματίο) στο πεδίο ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων, γνωστό ως φωτόνιο.

Όπως έχει ήδη ειπωθεί η πρώτη απαίτηση για την τηλεπισκοπική διαδικασία είναι η ύπαρξη μιας πηγής ενέργειας που θα ακτινοβολεί το στόχο (εκτός αν η ανιχνευόμενη ενέργεια εκπέμπεται από τον ίδιο το στόχο). Η ενέργεια αυτή έχει τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία ποικίλει από χαμηλά σε υψηλά ενεργειακά επίπεδα, συνθέτει το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Η ακτινοβολία προερχόμενη από διακεκριμένες ζώνες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος περιέχει φωτόνια σε διαφορετικά μήκη κύματος. Όταν οποιοδήποτε υλικό-στόχος διεγερθεί είτε από εσωτερικές διαδικασίες είτε από αλληλεπίδραση με προσπίπτουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, εκπέμπει φωτόνια σε διαφορετικά μήκη κύματος, των οποίων οι ραδιομετρικές ποσότητες διαφέρουν με τρόπο που μας επιτρέπει να αναγνωρίσουμε ή να ταξινομήσουμε τα διάφορα υλικά.

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εκτείνεται σε μία ευρεία περιοχή ακτινοβολούμενων ενεργειών ή κυματικών συχνοτήτων από τα μεγαλύτερα μήκη κύματος (περιλαμβάνοντας τα μικροκύματα και τα ραδιοκύματα) έως τα μικρότερα μήκη κύματος (περιλαμβάνοντας τις ακτίνες Γ και Χ). Το τμήμα του φάσματος που μπορεί να ανιχνευθεί από το ανθρώπινο μάτι είναι αρκετά μικρό, καλύπτει μόλις την περιοχή 0,4 έως 0,7μm και αποκαλείται ορατή περιοχή. Το λευκό φως περιέχει τη σύνθεση όλων των μηκών κύματος στην ορατή περιοχή.

Η κατανομή της αλληλουχίας όλων των ακτινοβολούμενων ενεργειών μπορεί να απεικονιστεί τόσο ως συνάρτηση των μηκών κύματος όσο και της συχνότητας σε ένα διάγραμμα, το οποίο είναι γνωστό ως αναπαράσταση ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Χρησιμοποιώντας φασματοσκόπια και άλλα τηλεπισκοπικά όργανα στην πάροδο του χρόνου, οι επιστήμονες μπόρεσαν να διαιρέσουν το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα σε περιοχές ή ζώνες στις οποίες έδωσαν περιγραφικά ονόματα.

Το ακριβές εύρος μηκών κύματος όλων των ζωνών του φάσματος καθώς και τα φυσικά μεγέθη των μηκών κύματος στις διάφορες περιοχές φαίνονται παραστατικά στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 2.2: Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Σε πολλές εφαρμογές χρησιμοποιείται η υπεριώδης φσματική περιοχή, η οποία περιλαμβάνει τα μικρότερα μήκη κύματος τα οποία αποδεικνύονται χρήσιμα για τις τηλεπισκοπικές μετρήσεις. Ορισμένα υλικά στην επιφάνεια της γης, όπως πετρώματα και ορυκτά, παρουσιάζουν την τάση να φθορίζουν ή να εκπέμπουν ορατό φως υπό την

επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας.

Το επόμενο τμήμα του φάσματος που παρουσιάζει ενδιαφέρον, είναι εκείνο που είναι ορατό από τον άνθρωπο και αποτελεί την ορατή περιοχή. Η ορατή περιοχή είναι ιδιαίτερα μικρή συγκρινόμενη με το υπόλοιπο τμήμα του φάσματος και καλύπτει μόλις το εύρος 0,4 έως 0,7 μm .

Το μεγαλύτερο ορατό μήκος κύματος βρίσκεται στην περιοχή του κόκκινου, ενώ το μικρότερο στην περιοχή του μωβ (violet). Οι περιοχές των μηκών κύματος τις οποίες αντιλαμβανόμαστε ως χρώματα στην ορατή περιοχή του φάσματος, είναι οι ακόλουθες:

- **Μωβ:** 0.4 - 0.446 μm
- **Μπλε:** 0.446 - 0.500 μm
- **Πράσινο:** 0.500 - 0.578 μm
- **Κίτρινο:** 0.578 - 0.592 μm
- **Πορτοκαλί:** 0.592 - 0.620 μm
- **Κόκκινο:** 0.620 - 0.7 μm

Ακολουθεί η περιοχή του υπέρυθρου, η οποία καλύπτει τη ζώνη από 0,7 μm έως 100 μm . Η περιοχή αυτή μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες ανάλογα με τις αντίστοιχες ιδιότητες ακτινοβολίας, την ανακλώμενη υπέρυθρη (reflected IR) και την εκπεμπόμενη ή θερμική υπέρυθρη περιοχή (emitted/thermal IR).

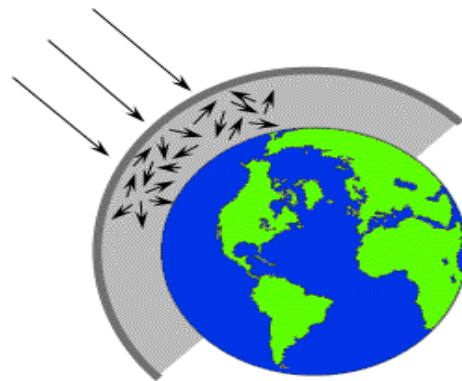
Η ακτινοβολία στην ανακλώμενη υπέρυθρη περιοχή χρησιμοποιείται στις τηλεπισκοπικές μετρήσεις, όπως και η ακτινοβολία στην ορατή περιοχή και καλύπτει τη ζώνη μεταξύ 0,7 μm και 3,0 μm .

Η θερμική υπέρυθρη περιοχή είναι αρκετά διαφορετική από το ορατό και το ανακλώμενο υπέρυθρο τμήμα, καθώς η ενέργεια στην περιοχή αυτή είναι κυρίως η ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από τη γήινη επιφάνεια σε μορφή θερμότητας. Η θερμική IR περιοχή εκτείνεται από τα 3,0 μm μέχρι τα 100 μm .

Τέλος, η περιοχή που πρόσφατα προκάλεσε το ενδιαφέρον για την τηλεπισκόπηση είναι η μικροκυματική περιοχή από 1mm έως 1m, η οποία απεικονίζεται στο σχήμα 2.3.1. Αυτή η ζώνη καλύπτει τα μεγαλύτερα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται για τέτοιου είδους μετρήσεις. Τα μικρότερα μήκη κύματος έχουν ιδιότητες παραπλήσιες με αυτές της θερμικής υπέρυθρης περιοχής, ενώ τα μεγαλύτερα πλησιάζουν στα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται για ραδιοφωνικές μεταδόσεις.

2.3 ΔΙΑΔΟΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Προτού φτάσει στη γήινη επιφάνεια η ακτινοβολία που θα χρησιμοποιηθεί για τις τηλεπισκοπικές μετρήσεις, θα διασχίσει κάποια απόσταση μέσα από την ατμόσφαιρα της Γης. Τα μόρια και τα αέρια στην ατμόσφαιρα μπορούν να επηρεάσουν το εισερχόμενο φως και την ακτινοβολία. Οι επιδράσεις αυτές οφείλονται στους μηχανισμούς της σκέδασης και της απορρόφησης.



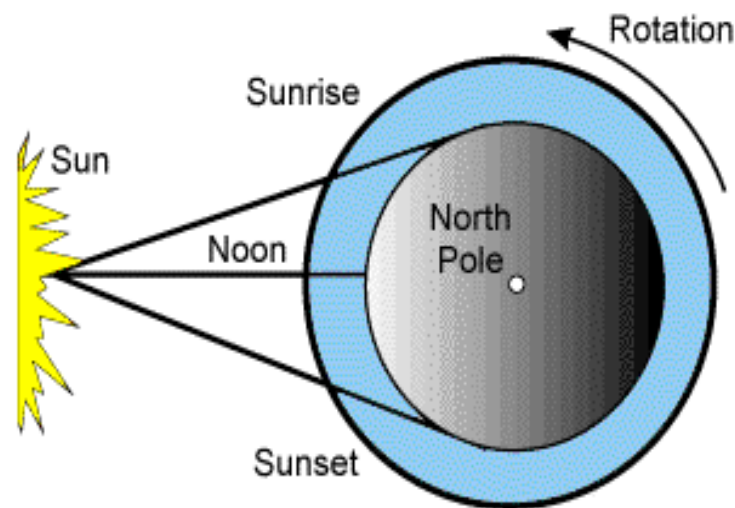
Σχήμα 2.3.1: Φαινόμενο σκέδασης

Η σκέδαση λαμβάνει χώρα όταν ορισμένα σωματίδια ή μεγάλα μόρια αερίων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα αλληλεπιδρούν με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και προκαλούν αλλαγή της κατεύθυνσης διάδοσής της. Το ποσοστό της σκέδασης που λαμβάνει χώρα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, η πληθώρα των σωματιδίων ή

αερίων καθώς και η απόσταση που διανύει η ακτινοβολία μέσα από την ατμόσφαιρα. Υπάρχουν 3 τύποι σκέδασης που μπορούν να πραγματοποιηθούν:

- η σκέδαση Rayleigh
- η σκέδαση Mie και
- η μη επιλεκτική σκέδαση

Η σκέδαση Rayleigh συμβαίνει όταν τα σωματίδια είναι πολύ μικρά συγκρινόμενα με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Τέτοια σωματίδια μπορεί να είναι μικροί κόκκοι σκόνης ή μόρια οξυγόνου ή αζώτου. Η σκέδαση Rayleigh προκαλεί σκέδαση των μικρότερων μηκών κύματος σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τα μεγαλύτερα μήκη κύματος και αποτελεί τον κυρίαρχο μηχανισμό σκέδασης στην ανώτερη ατμόσφαιρα. Συγκεκριμένα το γεγονός ότι ο ουρανός εμφανίζεται μπλε κατά τη διάρκεια της ημέρας οφείλεται στο φαινόμενο αυτό. Καθώς το ηλιακό φως διέρχεται μέσα από την ατμόσφαιρα, τα μικρότερα μήκη κύματος του ορατού φάσματος σκεδάζονται περισσότερο από άλλα μακρύτερα μήκη κύματος στην ορατή περιοχή.



Σχήμα 2.3.2: Σκέδαση Rayleigh

Η σκέδαση Mie λαμβάνει χώρα όταν τα σωματίδια έχουν περίπου το ίδιο μέγεθος με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Η σκόνη, η γύρη, ο καπνός και οι

υδρατμοί αποτελούν συχνές αιτίες εμφάνισης του μηχανισμού Mie, ο οποίος κυρίως επηρεάζει μεγαλύτερα μήκη κύματος από αυτά που επηρεάζει ο μηχανισμός Rayleigh, ενώ λαμβάνει χώρα ιδιαίτερα στα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας όπου τα μεγαλύτερα σωματίδια υπάρχουν σε μεγαλύτερη αφθονία και κυριαρχεί όταν επικρατούν συνθήκες νέφωσης.

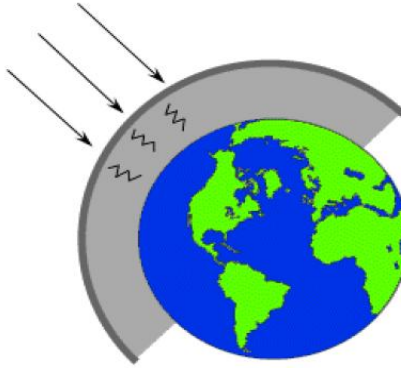
Ο τρίτος μηχανισμός σκέδασης ονομάζεται **μη επιλεκτική σκέδαση** (nonselective scattering). Αυτός συμβαίνει όταν τα σωματίδια είναι πολύ μεγαλύτερα από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Σταγόνες νερού καθώς και μεγάλα σωματίδια σκόνης μπορούν να προκαλέσουν την εμφάνιση αυτού του φαινομένου.



Σχήμα 2.3.3: Επιλεκτική σκέδαση

Αυτός ο μηχανισμός σκέδασης έχει πάρει την ονομασία του από το γεγονός ότι όλα τα μήκη κύματος σκεδάζονται εξίσου. Η μη επιλεκτική σκέδαση αποτελεί την αιτία για την εμφάνιση της ομίχλης και των νεφών σε λευκή απόχρωση, αφού τόσο το μπλε, το πράσινο όσο και το κόκκινο σκεδάζονται όλα ακριβώς κατά το ίδιο ποσοστό (μπλε+πράσινο+κόκκινο φως = άσπρο φως).

Η **απορρόφηση** είναι ένας ακόμη μηχανισμός που συντελείται κατά την αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα. Σε αντίθεση με τη σκέδαση, αυτό το φαινόμενο προκαλεί απορρόφηση της ενέργειας από τα σωματίδια σε διαφορετικά μήκη κύματος. Το όζον, το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρατμοί αποτελούν τους 3 κύριους ατμοσφαιρικούς παράγοντες οι οποίοι απορροφούν την ακτινοβολούμενη ενέργεια.

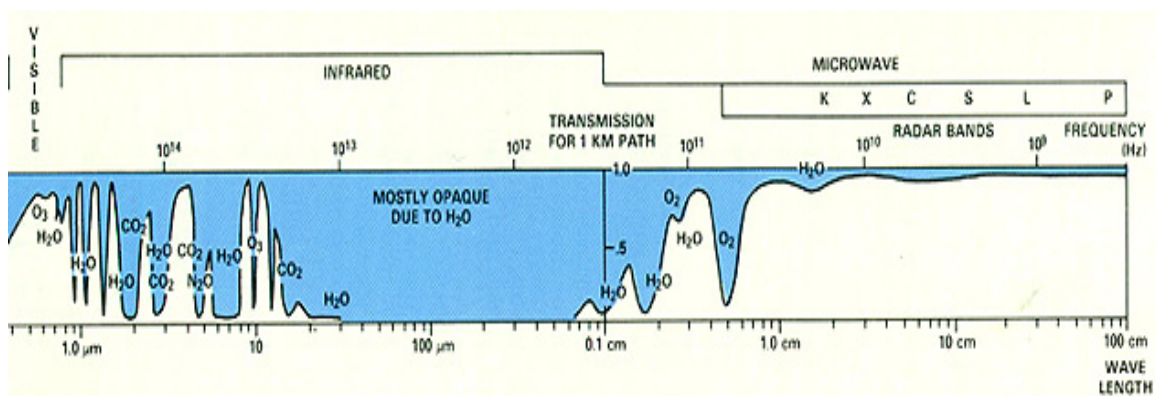


Σχήμα 2.3.4: Ατμοσφαιρική απορρόφηση

2.4 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΠΑΡΑΘΥΡΑ

Ακριβώς επειδή τα προηγούμενα αέρια (όζον, διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμοί) απορροφούν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια σε συγκεκριμένες περιοχές του φάσματος επηρεάζουν τις περιοχές που θα χρησιμοποιηθούν για τηλεπισκοπικές μετρήσεις από τους αισθητήρες. Οι περιοχές οι οποίες δεν επηρεάζονται σημαντικά από φαινόμενα ατμοσφαιρικής απορρόφησης και επομένως καθίστανται χρήσιμες στους τηλεπισκοπικούς αισθητήρες, ονομάζονται **ατμοσφαιρικά παράθυρα**.

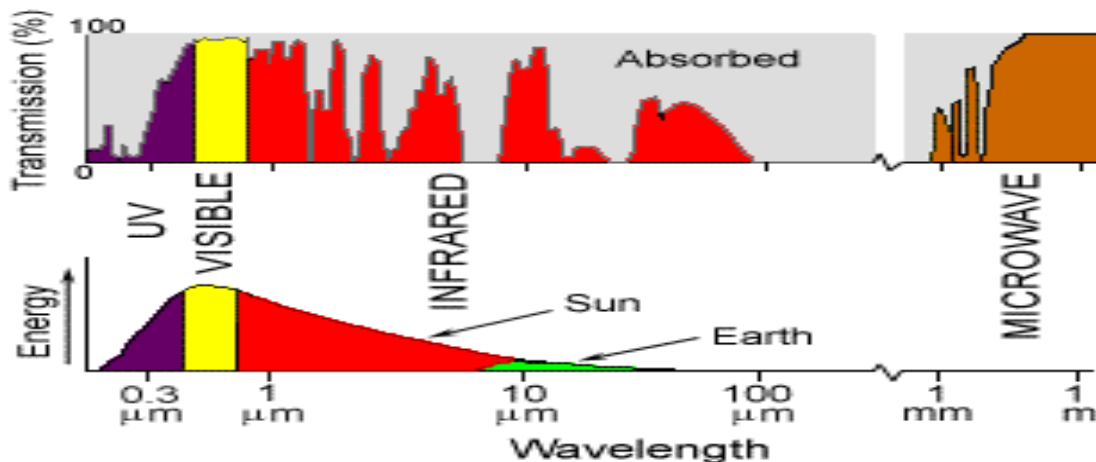
Στο επόμενο διάγραμμα φαίνεται με τη μορφή καμπυλών, η διάδοση (και η απορρόφηση) των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα της Γης για τις διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.



Σχήμα 2.4.1: Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

Οι μπλε ζώνες επιδεικνύουν ελάχιστο πέρασμα εισερχόμενης ή εξερχόμενης ακτινοβολίας ενώ οι λευκές ζώνες επιδεικνύουν ατμοσφαιρικά παράθυρα στα οποία η ακτινοβολία δεν αλληλεπιδρά ιδιαίτερα με τα μόρια του αέρα και έτσι δεν έχουμε σημαντικό βαθμό απορρόφησης. Συγκρίνοντας χαρακτηριστικά των δύο κυρίαρχων πηγών ενέργειας-ακτινοβολίας, του Ήλιου και της Γης, με τα ατμοσφαιρικά παράθυρα που προκύπτουν από το διάγραμμα, μπορούμε να καθορίσουμε εκείνα τα μήκη κύματος, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο αποτελεσματικά από τα όργανα τηλεπισκόπησης.

Το ορατό τμήμα του φάσματος, αντιστοιχεί τόσο σε ατμοσφαιρικό παράθυρο όσο και στο μέγιστο ενεργειακό επίπεδο του Ήλιου. Ακόμη, η θερμική ενέργεια η οποία εκπέμπεται από τη γήινη επιφάνεια αντιστοιχεί σε ένα παράθυρο των 10μm περίπου, στη θερμική υπέρυθη περιοχή του φάσματος, ενώ το μεγάλο ατμοσφαιρικό παράθυρο που μετά το 1mm σχετίζεται με τη μικροκυματική περιοχή του φάσματος.



Σχήμα 2.4.2: Ατμοσφαιρικά παράθυρα

Οι περισσότεροι τηλεπισκοπικοί αισθητήρες στον αέρα ή σε διαστημικές πλατφόρμες λειτουργούν σε ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω παράθυρα, λαμβάνοντας μετρήσεις με τη βοήθεια ανιχνευτών οι οποίοι είναι συντονισμένοι (ρυθμισμένοι) σε συγκεκριμένα μήκη κύματος που περνούν μέσα από την ατμόσφαιρα.

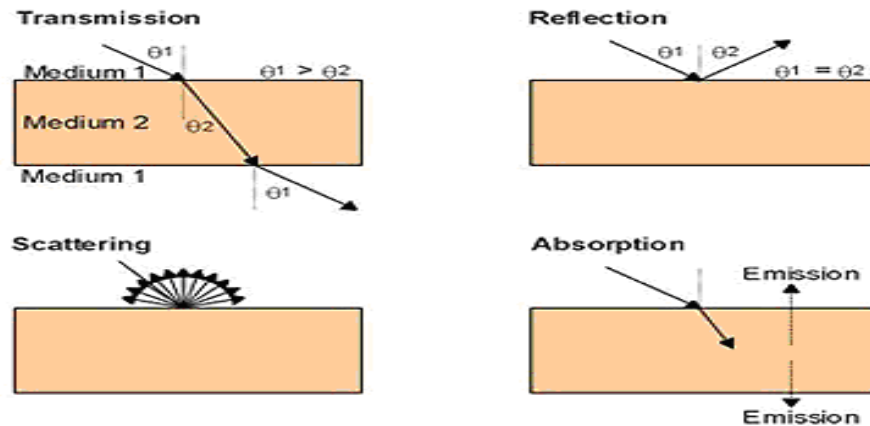
Παραδοσιακά, οι αισθητήρες για την παρακολούθηση της Γης χρησιμοποιούν την ανακλώμενη ενέργεια στην ορατή και στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος και την εκπεμπόμενη ενέργεια στη θερμική υπέρυθρη και μικροκυματική περιοχή, για τη συλλογή της ακτινοβολίας η οποία μπορεί να αναλυθεί και να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή εικόνων. Οι διαφορές των εικόνων αυτών δείχνουν τις διαφορετικές ποσότητες των φωτονίων οι οποίες σχετίζονται με την περιοχή των μηκών κύματος που συλλαμβάνονται από τον αισθητήρα. Ακριβώς αυτή η συλλογή των διαφορετικών, συνεχόμενων ή μη περιοχών μηκών κύματος αποτελεί τη βασική αρχή των πολυφασματικών μεθόδων απεικόνισης.

Εικόνες που προέρχονται από επεξεργασία σημάτων διαφορετικών συχνοτήτων παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στους τόνους του γκρι αν πρόκειται για ασπρόμαυρες εκδοχές τους ή στα χρώματα αν πρόκειται για έγχρωμες εικόνες. Έτσι, η απεικονιστική αναπαράσταση διαφόρων αντικειμένων-στόχων σε διαφορετικές φασματικές περιοχές, με τη χρήση διαφορετικών αισθητήρων συντονισμένων έτσι ώστε να δέχονται και να επεξεργάζονται μήκη κυμάτων που χαρακτηρίζουν συγκεκριμένες περιοχές του φάσματος, θα παρουσιάζει σημαντικές διαφορές στην ένταση και την απόχρωση ή στις διαβαθμίσεις της κλίμακας του γκρι.

2.5 ΔΙΑΔΟΣΗ – ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ – ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Το μέρος της ακτινοβολίας που δεν σκεδάζεται ή δεν απορροφάται από την ατμόσφαιρα φτάνει στη γήινη επιφάνεια και αλληλεπιδρά με αυτή. Η ολική προσπίπτουσα ενέργεια θα αλληλεπιδράσει με την επιφάνεια με έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω μηχανισμούς και τα ποσοστά αλληλεπίδρασης για καθέναν από αυτούς εξαρτώνται τόσο από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας όσο και από τις ιδιότητες του υλικού.

Κάθε ακτίνα φωτονίων από κάποια πηγή στο μέσον 1 η οποία προσπίπτει σε κάποιο αντικείμενο ή στόχο στο μέσον 2 θα υποστεί μία ή περισσότερες από τις αντιδράσεις που συνοψίζονται στο σχήμα 2.4.3.



Σχήμα 2.4.3: Αλληλεπιδράσεις με το στόχο

Κάποια αντικείμενα παρουσιάζουν την ικανότητα να αφήνουν να περνάει το φως χωρίς σημαντική εξασθένηση. Άλλα αντικείμενα προκαλούν απορρόφηση της προσπίπτουσας ενέργειας και κατά ένα μέρος εκπομπή της σε μεγαλύτερα μήκη κύματος ή ανάκλαση του φωτός με την ίδια γωνία με τη γωνία πρόσπτωσης.

Η πρωταρχική πηγή ενέργειας η οποία ακτινοβολεί τα φυσικά αντικείμενα είναι ο Ήλιος. Η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στη Γη σε μήκη κύματος που καθορίζονται από τη φωτοσφαιρική θερμοκρασία του ήλιου, η οποία φτάνει μέχρι τους $5.600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Καθώς οι ηλιακές ακτίνες φτάνουν στη γη, η ατμόσφαιρα απορροφά ή οπισθοσκεδάζει ένα μέρος ενώ μεταδίδει το υπόλοιπο.

Προσπίπτοντας πάνω σε γήινους, θαλάσσιους ή ατμοσφαιρικούς στόχους, όπως αέρα, σύννεφα, υγρασία, η εισερχόμενη ακτινοβολία κατανέμεται σε 3 μορφές αλληλεπίδρασης με το στόχο:

- **Διάδοση (τ)** – ένα ποσοστό της ακτινοβολίας διεισδύει σε κάποιες επιφάνειες υλικών, όπως το νερό και αν το υλικό είναι διαφανές και λεπτό σε μία διάσταση, συνήθως διέρχεται μέσα από αυτό με κάποια μικρή εξασθένηση.
- **Απορρόφηση (α)** – κάποιο ποσοστό της ακτινοβολίας απορροφάται μέσω μοριακών ή ηλεκτρονιακών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα στο μέσον και κάποιο ποσοστό κατόπιν επανεκπέμπεται, συνήθως σε μεγαλύτερα μήκη κύματος, ενώ κάποιο άλλο παραμένει στο υλικό και το θερμαίνει.

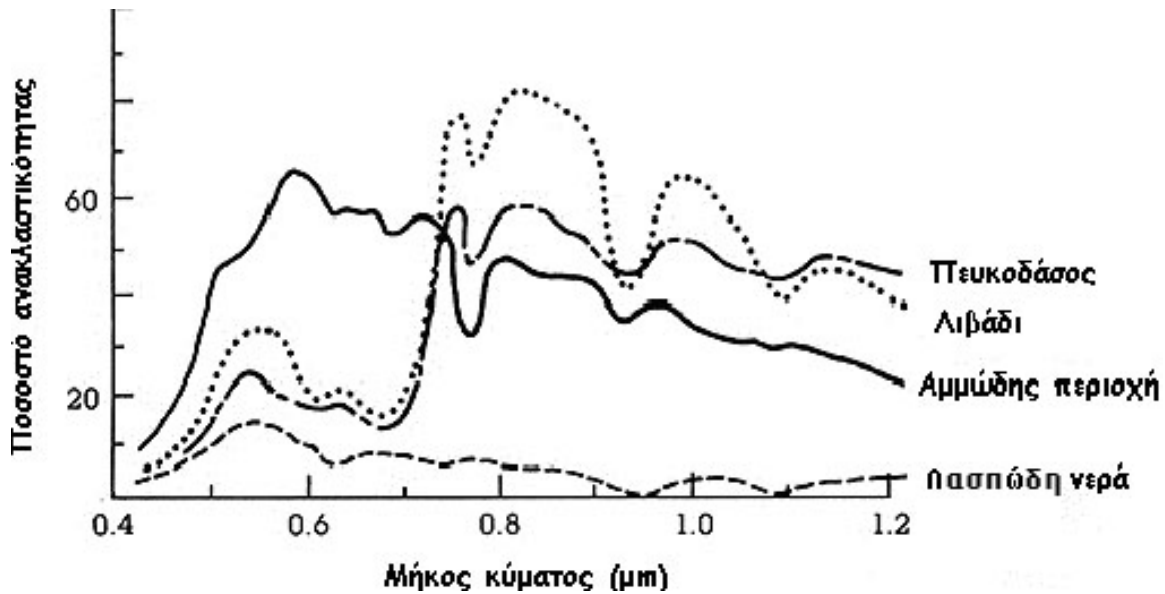
- **Ανάκλαση (ρ)** – κάποιο ποσοστό ανακλάται από την προσπίπτουσα επιφάνεια και διαθλάται μακριά από το στόχο σε διαφορετικές γωνίες, οι οποίες εξαρτώνται από την τραχύτητα της επιφάνειας και τη γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων.

Μία τέταρτη περίπτωση διαφαίνεται, όταν η εκπεμπόμενη ακτινοβολία προκύπτει από την εσωτερική διέγερση των ατόμων του υλικού, η οποία συνήθως σχετίζεται με τη θερμική κατάστασή του και αποτελεί τη θερμική διαδικασία.

Υπάρχουν δύο τύποι ανακλαστικής επιφάνειας που αλληλεπιδρούν με την προσπίπτουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία: η λεία (κατοπτρική) και η τραχεία επιφάνεια. Οι δύο αυτοί όροι καθορίζονται γεωμετρικά και όχι φυσικά. Για παράδειγμα μια επιφάνεια μπορεί να φαίνεται λεία μέσω φυσικής παρατήρησης, αλλά σε επίπεδο κατανομής των μηκών κύματος του φωτός να παρουσιάζονται πολλές ανωμαλίες κατά μήκος της. Η ακτινοβολία η οποία προσκρούει σε μια τραχεία επιφάνεια, τείνει να ανακλαστεί σε πολλές κατευθύνσεις.

Η ψηφιακή υπογραφή αποτελεί μια διαφορετική ονομασία για το γράφημα των μεταβολών της ανακλώμενης ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ως συνάρτηση των μηκών κύματος. Η ιδέα της ψηφιακής υπογραφής παρέχει τη δυνατότητα αναγνώρισης και διαχωρισμού των διαφορετικών αντικειμένων και υλικών χρησιμοποιώντας τα πολυφασματικά δεδομένα που λαμβάνονται από τους τηλεπισκοπικούς ανιχνευτές.

Για κάθε δοσμένο υλικό, η ποσότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που αυτό ανακλά, απορροφά ή μεταδίδει, ποικίλει ανάλογα με την περιοχή μήκους κύματος. Η σημαντική αυτή ιδιότητα της ύλης καθιστά δυνατή την αναγνώριση των διαφορετικών υλικών, ειδών και κατηγοριών και το διαχωρισμό τους μέσω των φασματικών καταγραφών τους (φασματικές καμπύλες), όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 2.4.4: Φασματικές καμπύλες

Επομένως, σε ορισμένα μήκη κύματος η αμμώδης περιοχή ανακλά περισσότερη ενέργεια από αυτή που ανακλάται από ένα λιβάδι με έντονη πράσινη βλάστηση, ενώ σε άλλα μήκη κύματος απορροφά περισσότερη ενέργεια (ανακλά λιγότερη). Η βασική ιδέα των ψηφιακών υπογραφών στηρίζεται στις διαφορές που παρουσιάζουν τα διαφορετικά υλικά στην ανακλαστική τους ιδιότητα. Χρησιμοποιώντας τα διαφορετικά ποσοστά ανακλαστικότητας μπορούμε να διακρίνουμε τις επιφάνειες των 4 υλικών που αναφέρονται στο σχήμα (πευκοδάσος, λιβάδι, αμμώδης περιοχή, λασιώδη νερά).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ

3.1 Ενεργοί αισθητήρες

Οι **ενεργοί αισθητήρες**, αποτελούν οι ίδιοι την πηγή ακτινοβόλησης του στόχου που πρόκειται να ανιχνευτεί. Εκπέμπουν δηλαδή ακτινοβολία η οποία κατευθύνεται προς τον στόχο του ενδιαφέροντός μας. Η ακτινοβολία που ανακλάται από το στόχο αυτό, ανιχνεύεται και μετράται από τον αισθητήρα. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα των ενεργών αισθητήρων περιλαμβάνεται και η ικανότητά τους να λαμβάνουν μετρήσεις ανεξάρτητα από την ώρα της ημέρας ή από την εποχή.

Τέτοιοι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρατήρηση σε εκείνες τις περιοχές μηκών κύματος στις οποίες δεν υπάρχει επαρκής ηλιακή ακτινοβολία, όπως στα μικροκύματα ή για τον καλύτερο έλεγχο του τρόπου με τον οποίο ακτινοβολείται κάποιος στόχος. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανίχνευση των αναταράξεων που δημιουργούνται π.χ. σε στήλη αέρα πάνω από φωτιά. Εντούτοις, τα ενεργά συστήματα απαιτούν την παραγωγή μιας αρκετά υψηλής ποσότητας ενέργειας για την επαρκή ακτινοβόληση των στόχων.

3.2 Παθητικοί αισθητήρες

Τα τηλεπισκοπικά συστήματα που μετρούν την ενέργεια η οποία είναι φυσικά διαθέσιμη, ονομάζονται **παθητικοί αισθητήρες**. Αυτοί οι αισθητήρες παρατηρούν την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα ίδια τα παρατηρούμενα αντικείμενα, όπως τη θερμική ακτινοβολία στη μικροκυματική ή θερμική υπέρυθη περιοχή του φάσματος ή την ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία από το παρατηρούμενο αντικείμενο στην περίπτωση παρατήρησης στην ορατή περιοχή του φάσματος.

Οι παθητικοί αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση της ενέργειας, μόνο όταν είναι διαθέσιμη η ενέργεια που ακτινοβολείται με φυσικό τρόπο. Έτσι, η ανάκλαση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας μπορεί να λάβει χώρα μόνο κατά τη διάρκεια που ο Ήλιος φωτίζει τη Γη. Δεν μπορεί να ανιχνευτεί καμία ανακλώμενη ακτίνα η οποία να προέρχεται από τον Ήλιο κατά τη διάρκεια της νύχτας. Η ενέργεια, όμως, η οποία εκπέμπεται φυσικά, όπως στη θερμική υπέρυθη περιοχή, μπορεί να ανιχνευτεί μέρα ή νύχτα, αρκεί η ποσότητα της λαμβανόμενης ενέργειας να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να μπορεί να ανιχνευτεί. Ως παραδείγματα θα μπορούσαν να αναφερθούν τα ραδιόμετρα, τα φασματόμετρα και τα βαρύμετρα.

3.3 Απεικονιστικοί και μη απεικονιστικοί αισθητήρες

Οι αισθητήρες μπορεί να είναι **απεικονιστικοί** (imaging) ή **μη απεικονιστικοί** (non imaging). Στους αισθητήρες που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία, τα εκπεμπόμενα ηλεκτρόνια χρησιμοποιούνται για τη διέγερση ή τον ιονισμό ενός υλικού όπως ο άργυρος πάνω σε μια μεμβράνη (film) ή για την τροφοδοσία μιας συσκευής παραγωγής εικόνων όπως μιας τηλεόρασης, μιας οθόνης υπολογιστή, μιας καθοδικής λυχνίας, ενός παλμογράφου, μιας μπαταρίας ηλεκτρονικών ανιχνευτών, με τελικό αποτέλεσμα μια εικόνα ή μια απεικόνιση raster.

Οι μη απεικονιστικοί αισθητήρες μετρούν την ακτινοβολία που λαμβάνεται από όλα τα σημεία του υπό παρατήρηση αντικειμένου. Δηλαδή, συνυπολογίζουν όλη την μετρούμενη πληροφορία και καταγράφουν το αποτέλεσμα σε σχέση με την ισχύ του καταγραφόμενου ηλεκτρικού σήματος ή κάποιου άλλου ποσοτικού χαρακτηριστικού ή σε σχέση με την ιδιότητα της ανακλαστικότητας.

3.4 Ραδιόμετρα

Πρόκειται για μια γενική ονομασία που χρησιμοποιείται για κάθε όργανο που μετράει ποσοτικά τη λαμβανόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε κάποιες ζώνες του φάσματος. Όταν η ακτινοβολία είναι μήκος κύματος που ανήκει στην ορατή περιοχή, ο όρος ραδιόμετρο μπορεί να αντικατασταθεί από τον όρο **φωτόμετρο**.

Αν ο αισθητήρας περιλαμβάνει ένα πρίσμα ή ένα φράγμα περίθλασης που μπορεί να διαχωρίσει την ακτινοβολία που εκτείνεται σε ένα μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, σε διακριτά μήκη κύματος και έτσι να καθορίσει τα μήκη κύματος των διαφόρων ακτινοβολιών ή να μετρήσει την ακτινοβολούμενη ένταση, ονομάζεται **φασματομέτρο**.

Ο όρος **φασματοραδιόμετρο** δηλώνει ότι η σκεδαζόμενη ακτινοβολία διαχωρίζεται σε φασματικές ζώνες και όχι σε διακριτά μήκη κύματος. Πρόκειται δηλαδή, για ένα όργανο που χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της κατανομής της ακτινοβολούμενης ενέργειας σε ένα φάσμα συνδυάζοντας τις λειτουργίες του φασματομέτρου με αυτές του ραδιομέτρου.

3.5 Ανιχνευτική, μη ανιχνευτική λειτουργία

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό που ταξινομεί τους αισθητήρες σε δύο επιπλέον κατηγορίες, σχετίζεται με το αν ο αισθητήρας λειτουργεί σε **ανιχνευτική** ή σε **μη ανιχνευτική λειτουργία** (scanning/non-scanning mode).

Ο όρος ανιχνευτική λειτουργία προϋποθέτει κίνηση μεταξύ των διαφόρων σημείων μιας περιοχής κατά τη διάρκεια ενός καθορισμένου χρονικού διαστήματος. Όμως, ο όρος μη ανιχνευτική λειτουργία προϋποθέτει ότι είτε ο αισθητήρας θα κρατείται σταθερός πάνω από την περιοχή ενδιαφέροντος είτε ο στόχος ενδιαφέροντος θα παραμένει σταθερός καθώς βρίσκεται υπό παρατήρηση κατά τη διάρκεια ενός σύντομου χρονικού διαστήματος. Μια κάμερα που κρατείται σταθερή στο χέρι είναι μια μη ανιχνευτική συσκευή που συλλαμβάνει το φως σχεδόν ακαριαία όταν το διάφραγμα είναι

ανοιχτό. Όταν όμως η κάμερα ή ο στόχος κινείται, τότε πραγματοποιείται μια ανιχνευτική λειτουργία.

3.6 Συστήματα πλαισίωσης

Οι αισθητήρες που μπορούν να μετρήσουν ακαριαία την ακτινοβολία που προέρχεται από ολόκληρη την περιοχή ενδιαφέροντος, ονομάζονται **συστήματα πλαισίωσης** (framing systems). Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα μάτια μας καθώς και οι φωτογραφικές μηχανές.

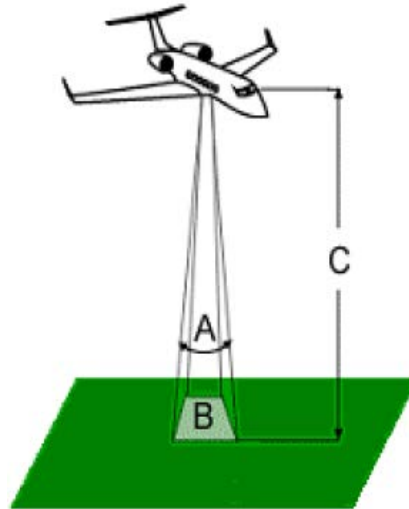
Το μέγεθος της παρατηρούμενης περιοχής το οποίο πλαισιώνεται από τον αισθητήρα, καθορίζεται από τις οπές και τα οπτικά μέρη του συστήματος τα οποία καθορίζουν και το αποκαλούμενο **πεδίο παρατήρησης FOV** (Field Of View). Αν η περιοχή ενδιαφέροντος ανιχνεύεται σημείο προς σημείο κατά μήκος διαδοχικών γραμμών κατά τη διάρκεια ενός καθορισμένου χρονικού διαστήματος, τότε αυτός ο τρόπος μέτρησης προσδιορίζει τα **ανιχνευτικά συστήματα** (scanning systems).

3.7 Χωρική ανάλυση, μέγεθος pixel και κλίμακα

Για τα περισσότερα τηλεπισκοπικά όργανα, η απόσταση ανάμεσα στον παρατηρούμενο στόχο και στην πλατφόρμα του αισθητήρα παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της λεπτομέρειας της συλλεγόμενης πληροφορίας και γενικότερα στο εύρος της μέγιστης περιοχής που μπορεί να παρατηρηθεί και να απεικονιστεί από τον αισθητήρα. Αισθητήρες οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε πλατφόρμες πολύ μακριά από το στόχο τους, τυπικά μπορούν να παρατηρήσουν μια ευρύτερη περιοχή, αλλά δεν μπορούν να παρέχουν μεγάλη λεπτομέρεια.

Η ευδιάκριτη λεπτομέρεια σε μια εικόνα εξαρτάται από τη χωρική ανάλυση του αισθητήρα και σχετίζεται με το μέγεθος του μικρότερου δυνατού αντικειμένου που μπορεί να ανιχνευτεί. Η χωρική ανάλυση των παθητικών αισθητήρων εξαρτάται κυρίως

από το **στιγμιαίο πεδίο παρατήρησής** τους (**IFOV** - Instantaneous Field Of View). Το στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης αναφέρεται στη στερεά γωνία που περικλείεται μέσα στον κώνο ορατότητας του αισθητήρα (A) και καθορίζει την περιοχή της επιφάνειας της Γης (B) η οποία μπορεί να παρατηρηθεί από δεδομένο ύψος και σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.



Σχήμα 3.7.1:Στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης

Γενικά, προκειμένου να μπορεί να ανιχνευτεί ένα ομογενές αντικείμενο, το μέγεθός του θα πρέπει να ισούται ή να είναι μεγαλύτερο από το κελί ανάλυσης. Αν αυτό το στοιχείο-αντικείμενο είναι μικρότερο, τότε πιθανότατα δε θα είναι και ανιχνεύσιμο, καθώς θα καταγραφεί η μέση φωτεινότητα όλων των αντικειμένων στο συγκεκριμένο κελί ανάλυσης. Εντούτοις, μικρότερα αντικείμενα ορισμένες φορές είναι ανιχνεύσιμα, εάν η φωτεινότητά τους κυριαρχεί σε ένα δεδομένο κελί ανάλυσης.

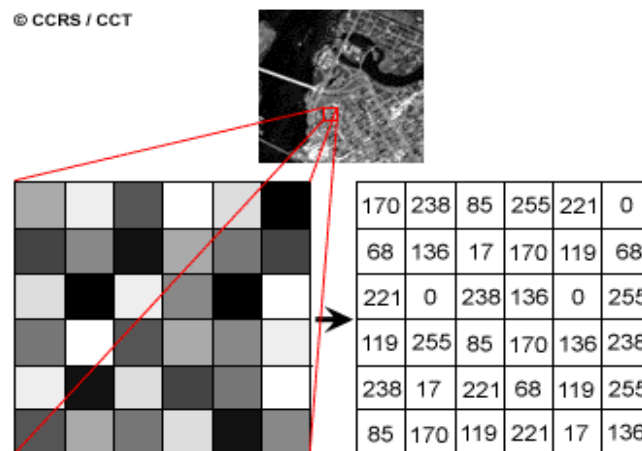
Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια μπορεί να ανιχνευτεί είτε με φωτογραφικό είτε με ηλεκτρονικό τρόπο. Η φωτογραφική μέθοδος χρησιμοποιεί χημικές αντιδράσεις στην επιφάνεια ενός φωτοευαίσθητου φιλμ προκειμένου να ανιχνευτούν και να καταγραφούν οι ενεργειακές μεταβολές.

Είναι πολύ σημαντικό να διαχωρίσουμε τις έννοιες φωτογραφία και εικόνα στην επιστήμη της τηλεπισκόπησης. Μια εικόνα αναφέρεται σε μια οποιαδήποτε απεικονιστική αναπαράσταση, ανεξάρτητα από τα μήκη κύματος ή από τις τηλεπισκοπικές συσκευές

που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να ανιχνευτεί και να καταγραφεί η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια.

Μια φωτογραφία αναφέρεται ειδικότερα σε εικόνες, οι οποίες ανιχνεύτηκαν και καταγράφηκαν πάνω σε φωτογραφικό φιλμ. Οι φωτογραφίες συνήθως καταγράφονται σε μήκη κύματος στην περιοχή των 0,3 mm έως 0,9 mm, δηλαδή στην ορατή έως ανακλώμενη υπέρυθη περιοχή. Βασιζόμενοι στους παραπάνω ορισμούς, μπορούμε να πούμε ότι όλες οι φωτογραφίες είναι εικόνες, αλλά δεν είναι όλες οι εικόνες φωτογραφίες.

Επομένως, χρησιμοποιούμε στην τηλεπισκόπηση τον όρο εικόνα, εκτός αν αναφερόμαστε σε αναπαράσταση που καταγράφηκε με φωτογραφική μέθοδο.



Σχήμα 3.7.2: Ψηφιοποίηση λαμβανόμενης εικόνας

Μια φωτογραφία μπορεί να αναπαρασταθεί και να αποθηκευτεί σε ψηφιακή μορφή, υποδιαιρώντας την εικόνα σε μικρές ισομεγέθεις και του ίδιου σχήματος περιοχές, οι οποίες αποτελούν τα στοιχεία της εικόνας ή αλλιώς pixel εικόνας και τα οποία αναπαριστούν τη φωτεινότητα κάθε περιοχής μέσω μιας αριθμητικής τιμής ή ενός ψηφιακού αριθμού.

Αυτή ακριβώς η διαδικασία έχει ακολουθηθεί για τη φωτογραφία του παραπάνω σχήματος και έχει προκύψει μια ψηφιακή εικόνα της αρχικής φωτογραφίας. Η φωτογραφία σαρώθηκε λεπτομερώς και υποδιαιρέθηκε σε pixels, στο καθένα από τα οποία ανατέθηκε ένας ψηφιακός αριθμός, ο οποίος αναπαριστά την αντίστοιχη φωτεινότητα. Ο υπολογιστής αναπαριστά κάθε ψηφιακή τιμή ως διαφορετικό επίπεδο

φωτεινότητας.

Σύμφωνα με τα προηγούμενα οι περισσότερες τηλεπισκοπικές εικόνες αποτελούνται από μια μήτρα με τα στοιχεία ή τα pixels της εικόνας, τα οποία αποτελούν τις μικρότερες μονάδες της. Τα pixels είναι συνήθως τετράγωνα και αναπαριστούν μια συγκεκριμένη περιοχή πάνω στην εικόνα. Είναι σημαντικός ο διαχωρισμός μεταξύ του μεγέθους του pixel και της χωρικής ανάλυσης, καθώς δεν είναι ταυτόσημες έννοιες.

Αν ένας αισθητήρας έχει χωρική ανάλυση της τάξης των 20 m και μια εικόνα από τον αισθητήρα αυτό απεικονίζεται σε πλήρη ανάλυση, κάθε pixel αναπαριστά μια περιοχή επιφανείας 20 m x 20 m στο έδαφος. Στην περίπτωση αυτή, το μέγεθος του pixel και η ανάλυση είναι τα ίδια. Εντούτοις, είναι πιθανό να απεικονιστεί μια εικόνα με μέγεθος pixel διαφορετικό από το μέγεθος της ανάλυσης.

Εικόνες στις οποίες μόνο μεγάλα αντικείμενα είναι ορατά, έχουν χαμηλή ανάλυση. Σε εικόνες με εξαιρετική έως υψηλή ανάλυση, ακόμη και μικρά αντικείμενα μπορούν να ανιχνευτούν και να αναγνωριστούν. Συμπερασματικά, μπορούμε να αναφέρουμε ότι όσο πιο υψηλή είναι η ανάλυση τόσο μικρότερη είναι η περιοχή που μπορεί να παρατηρηθεί (μεγαλύτερη διακριτότητα), ενώ αναφορικά με το στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης IFOV, όσο μικρότερο είναι το μέγεθος αυτό, τόσο υψηλότερη είναι η ανάλυση.

Ο λόγος της απόστασης σε μια εικόνα ή σε ένα χάρτη προς την πραγματική απόσταση στο έδαφος, αναφέρεται ως κλίμακα. Αν σε μια εικόνα η κλίμακα είναι 1:100.000, τότε ένα αντικείμενο με μήκος 1cm στην εικόνα, στην πραγματικότητα θα έχει μήκος 100.000cm ή 1km στο έδαφος. Χάρτες ή εικόνες με μικρούς λόγους χάρτη προς έδαφος χαρακτηρίζονται ως μικρής κλίμακας, ενώ εκείνοι με μεγαλύτερους λόγους χαρακτηρίζονται ως μεγάλης κλίμακας.

3.8 Φασματική ανάλυση

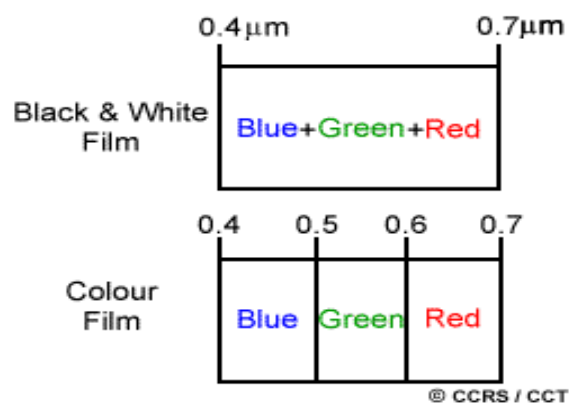
Διαφορετικές κατηγορίες στοιχείων και διάφορες λεπτομέρειες σε μια εικόνα, συχνά, μπορούν να διαχωριστούν συγκρίνοντας τις φασματικές αποκρίσεις τους σε διακριτές ζώνες μηκών κύματος. Ευρείες κατηγορίες, όπως το νερό και η βλάστηση,

μπορούν συνήθως να διαχωριστούν χρησιμοποιώντας ευρείες ζώνες μηκών κύματος, όπως την ορατή και την εγγύς υπέρυθρη.

Άλλες περισσότερο εξειδικευμένες κατηγορίες, μπορεί να μην είναι ιδιαίτερα διαχωρίσιμες και αναγνωρίσιμες σε αυτές τις ευρείες περιοχές μηκών κύματος, αλλά απαιτούν σύγκριση σε πολύ μικρότερες αποστάσεις μεταξύ των μηκών κύματος προκειμένου να διαχωριστούν. Έτσι, στην προκειμένη περίπτωση θα απαιτούνταν ένας αισθητήρας με πολύ υψηλή φασματική ανάλυση.

Η φασματική ανάλυση περιγράφει την ικανότητα του αισθητήρα να προσδιορίζει πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ των μηκών κύματος. Όσο πιο υψηλή είναι η φασματική ανάλυση, τόσο πιο στενό είναι το διάστημα μεταξύ των μηκών κύματος για ένα δεδομένο κανάλι ή ζώνη.

Τα έγχρωμα φιλμ είναι επίσης ευαίσθητα στην ανακλώμενη ενέργεια στην ορατή περιοχή. Διακρίνονται από υψηλότερη φασματική ανάλυση, καθώς είναι ευαίσθητα στην ανακλώμενη ενέργεια ξεχωριστά σε κάθε περιοχή του φάσματος - μπλε, πράσινη και κόκκινη. Έτσι, στα έγχρωμα φιλμ μπορούν να αναπαρασταθούν αντικείμενα διαφορετικών χρωμάτων, ανάλογα με την ανακλαστική τους ικανότητα σε καθεμία από αυτές τις τρεις διακριτές περιοχές μήκους κύματος.



Σχήμα 3.8: Φασματική ανάλυση ασπρόμαυρων/έγχρωμων φιλμ

Πολλά τηλεπισκοπικά συστήματα μπορούν να ανιχνεύσουν και να καταγράψουν την ενέργεια σε αρκετές διακριτές περιοχές μηκών κύματος με ποικίλες φασματικές αναλύσεις. Πρόκειται για τους αποκαλούμενους **πολυφασματικούς αισθητήρες** (multi-spectral sensors).

Οι εξελιγμένοι πολυφασματικοί αισθητήρες ονομάζονται **υπερφασματικοί αισθητήρες** (hyperspectral sensors) και μπορούν να ανιχνεύσουν πολύ στενές φασματικές ζώνες (εκατοντάδες) μέσα στην ορατή, την εγγύς υπέρυθρη και τη μέση υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η πολύ υψηλή φασματική ανάλυση των αισθητήρων αυτών διευκολύνει τη λεπτομερή διάκριση μεταξύ των διαφορετικών στόχων, αφού βασίζεται στις διαφορετικές φασματικές αποκρίσεις τους σε καθεμία από τις πολύ στενές φασματικές ζώνες.

3.9 Ραδιομετρική ανάλυση

Με τον όρο **ραδιομετρική διακριτική ικανότητα** εννοούμε την ικανότητα που έχει ο φασματικός αναλυτής-αισθητήρας να διακρίνει στην ίδια συχνότητα μικρές διαφορές στην λαμπρότητα από δύο διαφορετικά σημεία του στόχου και άρα να τα διαχωρίζει σε διαφορετικά εικονοστοιχεία.

Ενώ η διάταξη των pixel περιγράφει τη χωρική διάρθρωση σε μια εικόνα, τα ραδιομετρικά χαρακτηριστικά περιγράφουν το πραγματικό περιεχόμενο πληροφορίας της εικόνας. Κάθε φορά που μια εικόνα λαμβάνεται από έναν αισθητήρα, η ευαισθησία του στο πλάτος της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας καθορίζει τη ραδιομετρική ανάλυσή της. Η ραδιομετρική ανάλυση ενός απεικονιστικού συστήματος περιγράφει την ικανότητά του να ξεχωρίζει πολύ μικρές διαφορές στην ενέργεια. Όσο υψηλότερη είναι η ραδιομετρική ανάλυση ενός αισθητήρα τόσο περισσότερο ευαίσθητος είναι στον καθορισμό των μικρών διαφορών στην ανακλώμενη ή στην εκπεμπόμενη λαμβανόμενη ενέργεια.



Σχήμα 3.9: Ραδιομετρική ανάλυση διαφορετικών αισθητήρων

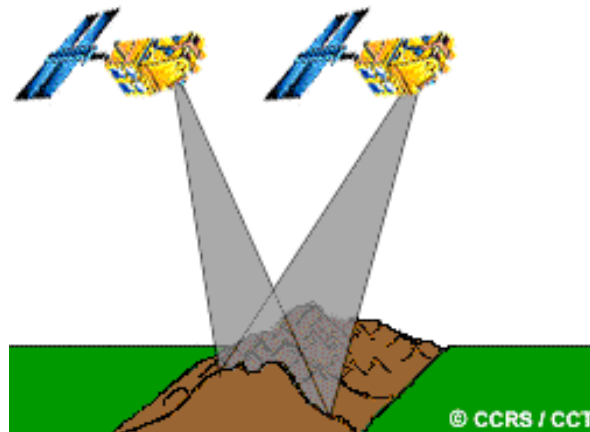
Τα απεικονιζόμενα δεδομένα αναπαρίστανται από θετικούς αριθμούς (ψηφιακά δεδομένα), οι οποίοι μπορεί να περιέχονται στο σύνολο από το 0 μέχρι έναν αριθμό μικρότερο κατά ένα από μια επιλεγμένη δύναμη του 2. Αυτό το σύνολο ανταποκρίνεται στον αριθμό των δυαδικών ψηφίων bit που χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση των αριθμών σε δυαδική μορφή.

Ο μέγιστος αριθμός των διαθέσιμων επιπέδων φωτεινότητας εξαρτάται από τον αριθμό των δυαδικών ψηφίων που χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση της καταγραφόμενης ενέργειας. Έτσι, αν ο αισθητήρας χρησιμοποιεί 8 bits για την καταγραφή της πληροφορίας, θα υπάρχουν $2^8=256$ διαθέσιμες ψηφιακές τιμές, οι οποίες θα ανήκουν στο σύνολο των αριθμών από 0 έως και 255. Αν ο αισθητήρας χρησιμοποιεί μόνο 4 bits, τότε θα υπάρχουν μόνο $2^4=16$ διαθέσιμες ψηφιακές τιμές, από το σύνολο 0 έως και 15. Έτσι, η ραδιομετρική ανάλυση θα είναι σημαντικά μικρότερη.

Η πληροφορία σε μορφή εικόνας συνηθέστερα απεικονίζεται με μια ποικιλία των τόνων του γκρι, με το μαύρο να αναπαρίσταται από την ψηφιακή τιμή 0 και το λευκό να αναπαρίσταται από τη μέγιστη τιμή, ανάλογα με τον αριθμό των bits που θα χρησιμοποιηθούν για την κωδικοποίηση της πληροφορίας. Συγκρίνοντας μια εικόνα των 2-bits με μια των 8-bits, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι υπάρχει σημαντική διαφορά στο επίπεδο των ευδιάκριτων λεπτομερειών, η οποία σχετίζεται με τις ραδιομετρικές αναλύσεις στις δύο εικόνες.

3.10 Χρονική ανάλυση

Εκτός από τη χωρική, τη φασματική και τη ραδιομετρική ανάλυση, η έννοια της χρονικής ανάλυσης είναι σημαντική σε ένα τηλεπισκοπικό σύστημα. Η χρονική ανάλυση σχετίζεται με την έννοια της επαναληπτικής περιόδου, δηλαδή με το μήκος του χρόνου που απαιτείται προκειμένου ο δορυφόρος να συμπληρώσει έναν ολόκληρο κύκλο τροχιάς. Η περίοδος για έναν δορυφόρο είναι συνήθως μερικές ημέρες. Έτσι, η απόλυτη χρονική ανάλυση ενός τηλεπισκοπικού συστήματος, προκειμένου να απεικονίσει την ίδια ακριβώς περιοχή με την ίδια οπτική γωνία για δεύτερη φορά ισούται με την περίοδο αυτή. Εντούτοις, εξαιτίας του βαθμού επικάλυψης που συμβαίνει στις απεικονιστικές διαδρομές των γειτονικών τροχιών για τους περισσότερους δορυφόρους και της αύξησης στην επικάλυψη αυτή με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους, ορισμένες περιοχές της Γης παρουσιάζουν την τάση να απεικονίζονται περισσότερο συχνά από τις υπόλοιπες.



Σχήμα 3.10: Χρονική ανάλυση διαφορετικών αισθητήρων

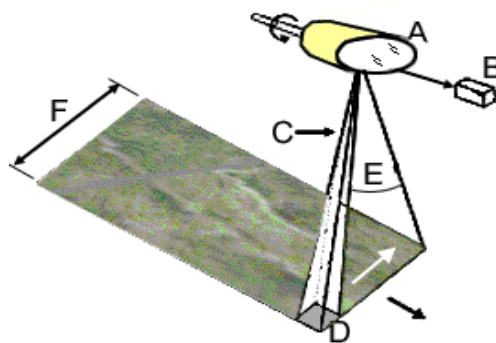
Ανιχνεύοντας και απεικονίζοντας τις περιοχές ενδιαφέροντος σε συνεχή βάση και για διαφορετικές χρονικές περιόδους είμαστε σε θέση να παρακολουθήσουμε τις μεταβολές που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια της Γης, είτε αυτές προκαλούνται από φυσικές αιτίες είτε ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

3.11 Πολυφασματική ανίχνευση

Πολλοί ηλεκτρονικοί τηλεπισκοπικοί αισθητήρες λαμβάνουν την επιθυμητή πληροφορία χρησιμοποιώντας ανιχνευτικά συστήματα (scanning systems), τα οποία αποτελούνται από αισθητήρες με μικρό στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης IFOV που σαρώνει το έδαφος ώστε να παράγονται δισδιάστατες εικόνες της επιφάνειας της Γης. Τα ανιχνευτικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στα αεροσκάφη όσο και στις δορυφορικές πλατφόρμες και στηρίζονται ουσιαστικά στις βασικές αρχές.

Ένα ανιχνευτικό σύστημα που χρησιμοποιείται για συλλογή πληροφορίας σε ένα μεγάλο εύρος διαφορετικών ζωνών μήκων κύματος, ονομάζεται πολυφασματική συσκευή σάρωσης MSS (multispectral scanner) και αποτελεί το πλέον συνηθισμένο ανιχνευτικό σύστημα. Υπάρχουν δύο βασικές λειτουργίες ή μέθοδοι ανίχνευσης που χρησιμοποιούνται για την απόκτηση πολυφασματικής απεικονιστικής πληροφορίας: Ανίχνευση εγκάρσια ως προς την τροχιά (across-track scanning) και ανίχνευση κατά μήκος της τροχιάς (along-track scanning).

Οι αισθητήρες που πραγματοποιούν ανίχνευση εγκάρσια ως προς την τροχιά του αεροσκάφους ή του δορυφόρου, σαρώνουν τη Γη με μια ακολουθία νοητών γραμμών. Οι γραμμές αυτές είναι προσανατολισμένες κάθετα ως προς την κατεύθυνση της κίνησης της πλατφόρμας του αισθητήρα, δηλαδή τέμνουν κάθετα τη διαδρομή ανίχνευσης. Κάθε γραμμή σαρώνεται από τη μία πλευρά του αισθητήρα μέχρι την άλλη μέσω ενός περιστρεφόμενου κατόπτρου(A). Καθώς η πλατφόρμα κινείται προς τα εμπρός πάνω από τη Γη, διαδοχικές σαρώσεις παράγουν μια δισδιάστατη εικόνα της επιφάνειάς της.



Σχήμα 3.11.1: Πολυφασματική ανίχνευση εγκάρσια ως προς την τροχιά

Η εισερχόμενη ανακλώμενη ή εκπεμπόμενη ακτινοβολία διαχωρίζεται σε αρκετές και ξεχωριστές φασματικές συνιστώσες, οι οποίες ανιχνεύονται ανεξάρτητα η μία από την άλλη. Η υπεριώδης, η ορατή, η εγγύς υπέρυθρη και η θερμική ακτινοβολία αναλύονται στις αντίστοιχες τους ζώνες μηκών κύματος. Μια αλληλουχία εσωτερικών ανιχνευτών (B), από τους οποίους ο καθένας είναι ευαίσθητος σε μια συγκεκριμένη περιοχή μηκών κύματος, ανιχνεύει και μετράει την ενέργεια για κάθε φασματική ζώνη και στη συνέχεια το παραγόμενο ηλεκτρικό σήμα μετατρέπεται σε ψηφιακά δεδομένα που καταγράφονται για μετέπειτα υπολογιστική επεξεργασία.

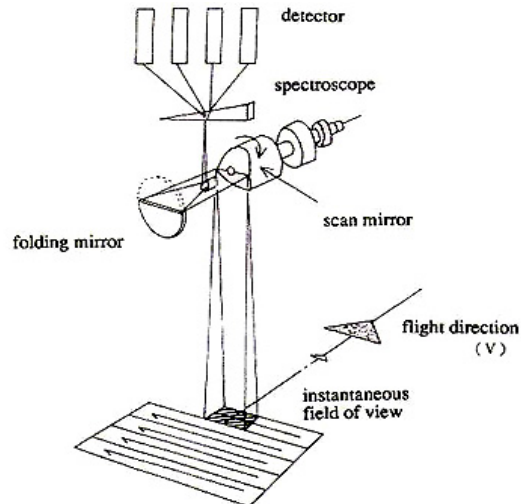
Το στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης IFOV (C) του αισθητήρα και το ύψος στο οποίο βρίσκεται η πλατφόρμα καθορίζουν το κελί ανάλυσης του εδάφους (ground resolution cell) που ανιχνεύεται (D) με τελικό αποτέλεσμα τη χωρική ανάλυση. Το γωνιακό πεδίο παρατήρησης (angular field of view) διαμορφώνεται από την κυκλική κίνηση σάρωσης του κατόπτρου, όπου μετράται σε μοίρες και χρησιμοποιείται για την καταγραφή της ανιχνευόμενης γραμμής και καθορίζει το πλάτος της ανιχνευόμενης διαδρομής (F). Οι αισθητήρες που βρίσκονται σε εναέριες πλατφόρμες τυπικά σαρώνουν μεγάλες γωνίες (μεταξύ 90° και 120°), ενώ οι δορυφόροι λόγω του μεγαλύτερου ύψους τους χρειάζεται να σαρώνουν αρκετά μικρότερες γωνίες (10° - 20°) ώστε να καλύπτουν ευρείες περιοχές.

Εξαιτίας του γεγονότος ότι η απόσταση από τον αισθητήρα στο στόχο αυξάνει κοντά στα δύο όρια της ανιχνευόμενης διαδρομής, τα κελιά ανάλυσης του εδάφους γίνονται μεγαλύτερα στις αντίστοιχες περιοχές, με αποτέλεσμα να εισάγονται γεωμετρικές παραμορφώσεις στις παραγόμενες εικόνες. Επιπλέον, το διάστημα του χρόνου (dwell time) κατά το οποίο το στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης αντιστοιχίζεται σε ένα δεδομένο κελί ανάλυσης στο έδαφος, κατά τη διαδικασία ανίχνευσης του περιστρεφόμενου κατόπτρου, είναι γενικά αρκετά μικρό και έτσι επηρεάζει τη χωρική, φασματική και ραδιομετρική ανάλυση για τις οποίες έχει σχεδιαστεί ο χρησιμοποιούμενος αισθητήρας.

Τα απαραίτητα τμήματα ενός τέτοιου αισθητήρα είναι:

- α) Τηλεσκόπιο για τη συλλογή του εισερχόμενου φωτός το οποίο καθορίζει τις διαστάσεις της παρατηρούμενης περιοχής σε κάθε χρονική στιγμή.
- β) Κατάλληλα οπτικά συστήματα (όπως φακοί) που κατευθύνουν την πορεία του φωτός.
- γ) Ένα κάτοπτρο (στους εναέριους αισθητήρες το κάτοπτρο μπορεί να περιστρέφεται πλήρως, ενώ στους δορυφορικούς αισθητήρες συνήθως ταλαντώνεται σε μικρές γωνίες).
- δ) Μια συσκευή που διαχωρίζει την εισερχόμενη ακτινοβολία σε φασματικές ζώνες (φασματοσκόπιο, φράγμα φασματικής περίθλασης, φίλτρα ζωνών).
- ε) Ένα όργανο για την κατεύθυνση του σκεδαζόμενου φωτός σε μια συστοιχία ανιχνευτών.
- στ) Ένα ηλεκτρικό όργανο που ανιχνεύει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο σε κάθε ανιχνευτή και που κατόπιν επαναρυθμίζεται σε μια αρχική κατάσταση ώστε να λάβει το επόμενο πακέτο εισερχόμενου φωτός, με αποτέλεσμα να παράγεται ένα σήμα που αντικατοπτρίζει τις μεταβολές στις τιμές φωτός που λαμβάνονται από το έδαφος ή από το στόχο και
- ζ) ένα καταγραφικό τμήμα το οποίο είτε διαβάζει το σήμα ως αναλογικό είτε το μετατρέπει σε ψηφιακά δεδομένα.

Τέλος, ένας αισθητήρας μπορεί να περιλαμβάνει έναν επιπλέον τμήμα το οποίο αποτελεί μια μετακινούμενη σχισμή, η οποία καθώς περιστρέφεται επιτρέπει διαδοχικά στο σήμα να περάσει προς τους ανιχνευτές ή διακόπτει την πορεία του προς αυτούς και έτσι το επανακατευθύνει σε έναν ανιχνευτή για βαθμονόμηση της απόκρισης του οργάνου.



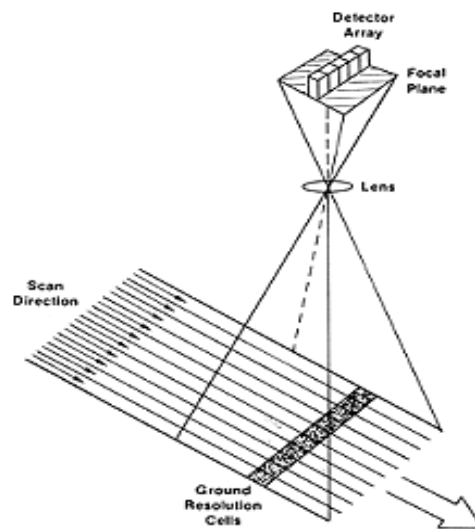
Σχήμα 3.11.2: Τμήματα αισθητήρα ανίχνευσης εγκάρσιας ως προς την τροχιά

Οι αισθητήρες που πραγματοποιούν ανίχνευση κατά μήκος της τροχιάς χρησιμοποιούν επίσης την προς τα εμπρός κίνηση της πλατφόρμας στην οποία είναι τοποθετημένοι, για την καταγραφή συνεχόμενων ανιχνευτικών γραμμών και για την παραγωγή δισδιάστατων εικόνων κάθετα ως προς την κατεύθυνση τροχιάς του δορυφόρου. Εντούτοις, σε αντίθεση με τα όργανα ανίχνευσης εγκάρσια ως προς την τροχιά που χρησιμοποιούν ένα ανιχνευτικό κάτοπτρο που σαρώνει και παρατηρεί σε διαφορετικές γωνίες, αυτοί οι αισθητήρες χρησιμοποιούν μια ακολουθία μικρών ευαίσθητων ανιχνευτών, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι (στοίβα) ο ένας δίπλα στον άλλο και όλοι μαζί βρίσκονται πάνω στο εστιακό επίπεδο της εικόνας.

Κάθε ανιχνευτής μετράει την ενέργεια ενός επιθυμητού κελιού ανάλυσης εδάφους και έτσι, το μέγεθος καθώς και το στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης IFOV του αισθητήρα καθορίζουν τη χωρική ανάλυση του συστήματος. Για τη μέτρηση της ενέργειας σε κάθε φασματική ζώνη ή κανάλι απαιτείται μια ξεχωριστή γραμμική ακολουθία ανιχνευτών. Για κάθε ανιχνευόμενη γραμμή, η ενέργεια που ανιχνεύεται από τον κάθε ανιχνευτή δειγματοληπτείται και καταγράφεται σε ψηφιακή μορφή.

Οι ανιχνευτές σε αυτούς τους αισθητήρες έχουν μικροσκοπικές διαστάσεις ώστε να υπάρχουν μέχρι και μερικές χιλιάδες ανά όργανο μέτρησης. Κάθε ανιχνευτής είναι μια συσκευή **CCD** (charge coupled device). Με τη χρήση τέτοιων συσκευών, τα pixels τα οποία τελικά θα δημιουργήσουν ολόκληρη την εικόνα αντιστοιχούν σε αυτούς τους ξεχωριστούς ανιχνευτές που αποτελούν τη γραμμική ακολουθία.

Καθώς η πλατφόρμα κινείται κατά μήκος της τροχιάς, σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή λαμβάνεται ταυτόχρονα ακτινοβολία στους αισθητήρες από κάθε κελί εδάφους κατά μήκος της ανιχνευτικής γραμμής. Η συλλογή των φωτονίων από κάθε κελί εμπίπτει στην κατάλληλη γεωμετρική σχέση που συνδέει τη θέση του στο έδαφος με τη γραμμική ακολουθία ανίχνευσης (και αυτό ισχύει για κάθε ξεχωριστό αισθητήρα). Το σήμα εκπέμπεται διαδοχικά από κάθε αισθητήρα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα (χιλιοστά του δευτερολέπτου), οι ανιχνευτές αρχικοποιούνται και κατόπιν εκτίθενται σε νέα ακτινοβολία από την επόμενη γραμμή εδάφους που γίνεται προσβάσιμη από την ανιχνευτική πλατφόρμα.



Σχήμα 3.11.3: Ανίχνευση κατά μήκος της τροχιάς

Οι ανιχνευτές κατά μήκος της τροχιάς παρουσιάζουν ορισμένα βασικά πλεονεκτήματα έναντι των εγκάρσιων ανιχνευτών (ως προς την τροχιά). Η ακολουθία των ανιχνευτών συνδυαζόμενη με την προς τα εμπρός κίνηση της πλατφόρμας επιτρέπει σε κάθε ανιχνευτή να παρατηρήσει και να μετρήσει την ενέργεια από κάθε κελί του εδάφους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αυτό επιτρέπει ανίχνευση μεγαλύτερης ποσότητας ενέργειας και βελτιώνει τη ραδιομετρική ανάλυση.

Τα ανιχνευτικά συστήματα οποιαδήποτε από τις παραπάνω δύο λειτουργίες και αν χρησιμοποιούν παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα έναντι των φωτογραφικών μεθόδων. Το φασματικό πεδίο των φωτογραφικών συστημάτων περιορίζεται στην ορατή και στην εγγύς υπέρυθρη περιοχή ενώ τα πολυφασματικά ανιχνευτικά συστήματα

επεκτείνουν το πεδίο αυτό ώστε να περιλαμβάνει και τη θερμική υπέρυθη περιοχή. Επίσης είναι ικανά να παρέχουν πολύ μεγαλύτερη φασματική ανάλυση από ό,τι τα φωτογραφικά συστήματα.

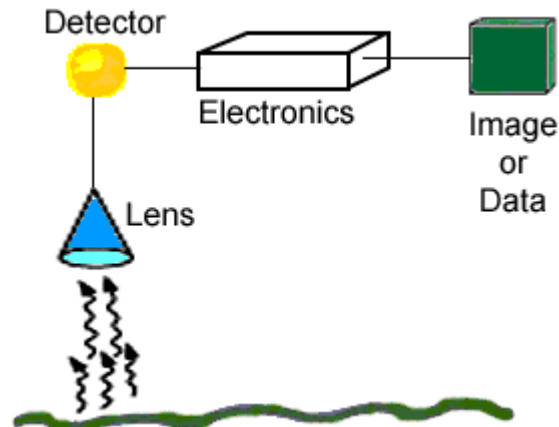
Τα πολυφασματικά φωτογραφικά συστήματα χρησιμοποιούν συστήματα ξεχωριστών φακών για την απόκτηση της κάθε φασματικής ζώνης. Το γεγονός αυτό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα ως προς τη σύγκριση των διαφορετικών φασματικών ζωνών τόσο χωρικά όσο και ραδιομερικά αλλά και με την εγγραφή πολλαπλών εικόνων. Τα πολυφασματικά ανιχνευτικά συστήματα αποκτούν πληροφορία για όλες τις φασματικές περιοχές ταυτόχρονα μέσω των ίδιων οπτικών συστημάτων προκειμένου να ανταπεξέλθουν στα παραπάνω προβλήματα.

Τα φωτογραφικά συστήματα καταγράφουν την ανιχνευόμενη ενέργεια μέσω μιας φωτοχημικής διαδικασίας που καθιστά δύσκολη και μη σταθερή τη μέτρηση. Από την άλλη μεριά τα πολυφασματικά ανιχνευόμενα δεδομένα καταγράφονται με ηλεκτρονικό τρόπο, επομένως καθίσταται πιο εύκολος ο προσδιορισμός της ακριβούς ποσότητας της μετρούμενης ενέργειας και επιπλέον η καταγραφή μπορεί να δώσει ένα μεγάλο εύρος τιμών σε ψηφιακή μορφή. Τα φωτογραφικά συστήματα απαιτούν μια συνεχή παροχή film και επεξεργασία στο έδαφος με τη συλλογή των φωτογραφιών. Η ψηφιακή καταγραφή των πολυφασματικών ανιχνευτικών συστημάτων διευκολύνει τη μετάδοση της πληροφορίας στους σταθμούς λήψης στο έδαφος και την άμεση επεξεργασία της σε κάποιο κατάλληλο υπολογιστικό περιβάλλον.

3.12 Θερμική απεικόνιση

Πολλά πολυφασματικά συστήματα ανιχνεύουν την ακτινοβολία τόσο στη θερμική υπέρυθη περιοχή όσο και στην ορατή και στην ανακλώμενη υπέρυθη περιοχή του φάσματος. Εντούτοις, η τηλεπισκόπηση της ενέργειας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης στη θερμική υπέρυθη περιοχή (3 μ m έως 15 μ m) είναι διαφορετική από την ανίχνευση της ανακλώμενης ενέργειας. Οι θερμικοί αισθητήρες χρησιμοποιούν φωτογραφικούς ανιχνευτές ευαίσθητους στην απευθείας επαφή των φωτονίων με την επιφάνειά τους, προκειμένου να ανιχνεύσουν την εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία. Οι

ανιχνευτές αυτοί ψύχονται σε θερμοκρασίες κοντά στο απόλυτο μηδέν προκειμένου να περιορίσουν τις δικές τους θερμικές εκπομπές. Οι θερμικοί αισθητήρες μετρούν κυρίως τη θερμοκρασία επιφάνειας καθώς και τις θερμικές ιδιότητες των στόχων.



Σχήμα 3.12: Θερμικός αισθητήρας

Τα θερμικά όργανα είναι ανιχνευτές εγκάρσιοι ως προς την τροχιά, οι οποίοι ανιχνεύουν την εκπεμπόμενη ενέργεια μόνο στη θερμική περιοχή του φάσματος. Οι θερμικοί αισθητήρες περιλαμβάνουν μία ή περισσότερες αναφορές στην εσωτερική θερμοκρασία για σύγκριση με την ανιχνευόμενη ακτινοβολία.

Η πληροφορία συνήθως καταγράφεται πάνω σε φιλμ ή σε μαγνητική ταινία, ενώ η θερμοκρασιακή ανάλυση των συγκεκριμένων οργάνων μπορεί να φτάσει τους 0,1 °C. Ως προς την ανάλυση, ισχύει ότι μία εικόνα θερμογράμματος αναπαρίσταται με τη μορφή επιπέδων του γκρι, με τις θερμότερες θερμοκρασίες να αναπαρίστανται με πιο ανοιχτούς τόνους και τις ψυχρότερες με σκούρους τόνους.

Για τις περισσότερες εφαρμογές επαρκούν εικόνες που αναπαριστούν τις σχετικές θερμοκρασιακές διαφορές στις αντίστοιχες χωρικές θέσεις τους. Απόλυτες θερμοκρασιακές μετρήσεις μπορούν να υπολογιστούν αλλά απαιτούν ακριβείς ρυθμίσεις (βαθμονόμηση και αρχικοποίηση), μέτρηση των αναφορών θερμοκρασίας και λεπτομερή γνώση των θερμικών ιδιοτήτων του στόχου, των γεωμετρικών παραμορφώσεων και των ραδιομετρικών επιδράσεων.

Εξαιτίας των μεγάλων μηκών κύματος της θερμικής ακτινοβολίας (σε σύγκριση με τη ορατή γεγονότος ότι η ενέργεια μειώνεται καθώς ακτινοβολία) τα φαινόμενα ατμοσφαιρικής σκέδασης είναι ελάχιστα. Εντούτοις, η απορρόφηση από τα ατμοσφαιρικά αέρια συνήθως περιορίζει τη θερμική ανίχνευση σε δύο συγκεκριμένες περιοχές των 3 έως 5μm και 8 έως 14μm. Οι θερμικοί αισθητήρες συνήθως μπορούν να παρατηρήσουν μεγάλα στιγμιαία επίπεδα ενέργειας, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι στον ανιχνευτή φτάνει επαρκής ποσότητα ενέργειας για να συντελεστεί μια αξιόπιστη μέτρηση.

Έτσι, η χωρική ανάλυση των θερμικών αισθητήρων είναι γενικά χαμηλή, αναφορικά με τη χωρική ανάλυση που μπορεί να επιτευχθεί στην ορατή και στην ανακλώμενη υπέρυθρη περιοχή. Η θερμική απεικόνιση μπορεί να πραγματοποιηθεί μέρα ή νύχτα, ακριβώς επειδή μετράται η εκπεμπόμενη και όχι η ανακλώμενη ακτινοβολία και χρησιμοποιείται για μεγάλο αριθμό εφαρμογών, όπως στη χαρτογράφηση δασικών πυρκαγιών και στην παρακολούθηση απώλειας θερμότητας.

3.13 Γεωμετρικές παραμορφώσεις στην απεικόνιση

Οποιαδήποτε τηλεπισκοπική εικόνα, ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο έχει παραχθεί, θα παρουσιάζει ποικίλες γεωμετρικές παραμορφώσεις. Πρόκειται για ένα πρόβλημα που ενυπάρχει στην τηλεπισκόπηση και που προκύπτει κατά την προσπάθειά μας να αναπαραστήσουμε με ακρίβεια την τρισδιάστατη επιφάνεια της Γης με τη μορφή δισδιάστατης εικόνας. Όλες οι τηλεπισκοπικές εικόνες εμπεριέχουν κάποια μορφή γεωμετρικής παραμόρφωσης ανάλογα με τον τρόπο απόκτησής τους. Τα σφάλματα αυτά μπορεί να οφείλονται σε έναν μεγάλο αριθμό παραμέτρων στους οποίους περιλαμβάνονται και τα ακόλουθα :

- προβλήματα των οπτικών συστημάτων του αισθητήρα,
- η κίνηση του συστήματος ανίχνευσης,

- η κίνηση και η αστάθεια της πλατφόρμας,
- το ύψος, η τροχιά και η ταχύτητα της πλατφόρμας,
- οι ποικιλομορφίες εδάφους,
- η καμπυλότητα και η περιστροφή της γης.

3.14 Κυριότεροι τηλεπισκοπικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σήμερα

Οι συσκευές αυτές, οι οποίες είναι απαραίτητες για την ανίχνευση και τη μέτρηση της ακτινοβολίας και επομένως για τη συλλογή και την επεξεργασία της απαραίτητης πληροφορίας, ονομάζονται τηλεπισκοπικοί αισθητήρες και πραγματοποιούν μετρήσεις έμμεσα, είτε με ενεργό είτε με παθητικό τρόπο. Καθημερινά παραδείγματα τέτοιων τηλεπισκοπικών οργάνων είναι τα μάτια μας και οι κάμερες.

Οι τηλεπισκοπικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται λειτουργούν όπως και τα μάτια μας, με κάποιες σημαντικές διαφορές. Τα μάτια μας μπορούν να συλλέγουν εικόνες μόνο στην ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, σε αντίθεση με τους αισθητήρες, οι οποίοι μπορούν να συλλέγουν πληροφορίες από ολόκληρο το φάσμα. Διαφορετικοί αισθητήρες συλλέγουν εικόνες σε ορισμένες περιοχές του φάσματος, τα οποία ονομάζονται κανάλια στα δορυφορικά συστήματα. Ανάλογα με την επιθυμητή πληροφορία χρησιμοποιούνται αντίστοιχα κανάλια.

Προκειμένου οι τηλεπισκοπικοί αισθητήρες να μπορέσουν να συλλέξουν και να καταγράψουν την ανακλώμενη ή την εκπεμπόμενη ενέργεια από έναν στόχο ή από μια επιφάνεια, θα πρέπει να βρίσκονται σταθερά τοποθετημένοι σε μια πλατφόρμα απομακρυσμένη από το στόχο ή την επιφάνεια που βρίσκεται υπό παρατήρηση. Οι πλατφόρμες για τους τηλεπισκοπικούς αισθητήρες από τους οποίους συλλέγεται κυρίως πολυφασματική πληροφορία μπορούν να είναι τοποθετημένες στο έδαφος, σε ένα αεροσκάφος ή "μπαλόνι" ή σε κάποια άλλη πλατφόρμα μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα, όπως σε κάποιο ύψος στη στρατόσφαιρα ή σε ένα διαστημόπλοιο ή **δορυφόρο** έξω από

την ατμόσφαιρα της γης. Προκειμένου οι τηλεπισκοπικοί αισθητήρες αυτού του είδους να λειτουργήσουν σωστά, η πλατφόρμα πάνω στην οποία θα τοποθετηθεί ο δέκτης πρέπει να επιλεγεί πολύ προσεκτικά.

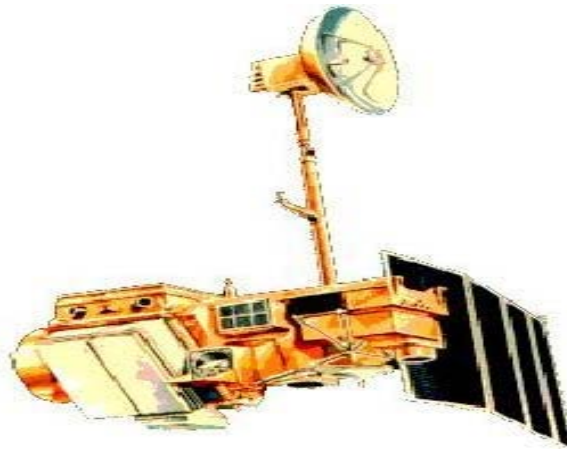
Τα τηλεπισκοπικά όργανα που βρίσκονται σε κάποια πλατφόρμα που είναι τοποθετημένη στο έδαφος, είναι συνήθως κάμερες που περιέχουν αισθητήρες στοιχείων CCD και καταγράφουν το ορατό και το κοντινό υπέρυθρο. Έτσι, ανιχνεύουν τη φωτιά μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται στον καπνό. Τέτοιοι αισθητήρες μπορεί να είναι τοποθετημένοι σε σημεία πολύ υψηλά σε σχέση με το έδαφος, όπως για παράδειγμα, υψηλά κτίρια, κεραιές τηλεπικοινωνιών, πυλώνες κ.α.

Στον αέρα τα τηλεπισκοπικά όργανα τοποθετούνται σε αεροπλάνα, τα οποία όμως μπορούν να πετάξουν σε μικρό ύψος πάνω από το έδαφος, ενώ η χρονική διάρκεια των αποστολών είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Όμως, τα τελευταία χρόνια κατασκευάστηκαν διαστημικά σκάφη, τα οποία δεν έχουν κανένα περιορισμό όσον αφορά το ύψος πτήσης και τη διάρκεια της αποστολής. Έτσι, διαστημικά σκάφη, όπως πύραυλοι ή τεχνητοί δορυφόροι, καθώς επίσης και επανδρωμένα ή μη διαστημικά οχήματα, επιτρέπουν τη λήψη τηλεπισκοπικών απεικονίσεων της γήινης επιφάνειας, από απόσταση που φτάνει τις μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα.

3.15 Θεματικός χαρτογράφος TM

Ο θεματικός χαρτογράφος TM είναι ένας πολυφασματικός απεικονιστικός αισθητήρας, ο οποίος προστέθηκε στο ωφέλιμο φορτίο των περιβαλλοντικών δορυφόρων Landsat 4 (1982), 5 (1984) και 6 (ο συγκεκριμένος δορυφόρος δεν κατάφερε να τεθεί σε τροχιά, έτσι δεν επέστρεψε ποτέ πληροφορία). Νέες τεχνικές εξαγωγής καύσιμης ύλης έχουν αναπτυχθεί βασιζόμενες στην ταξινόμηση πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων LANDSAT-TM. Με τη χρήση λογισμικών επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών είναι δυνατόν να επισημανθούν και να χαρτογραφηθούν οι επικίνδυνες περιοχές ώστε να πυρανιχνευτούν με ένα δίκτυο σταθμών.

Ο πρώτος δορυφόρος στον οποίο χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας αυτός, ήταν ο Landsat 4, ο οποίος απεικονίζεται αμέσως παρακάτω.



Σχήμα 3.15.1: Δορυφόρος Landsat 4

Οι δορυφόροι Landsat δεύτερης γενιάς (Landsat 4 και 5) έχουν κυκλικές, πολικές, ηλιακά συγχρονισμένες τροχιές σε ύψος 705 km, σε αντίθεση με τους δορυφόρους της προηγούμενης γενιάς (Landsat 1, 2 και 3), οι οποίοι βρίσκονταν σε ύψος 900 km. Αυτή η αλλαγή σχεδιάστηκε προκειμένου να βελτιωθεί η ανάλυση των χρησιμοποιούμενων αισθητήρων. Εξαιτίας της μείωσης του ύψους της τροχιάς, ο δορυφόρος συμπληρώνει μια πλήρη περιστροφή σε 99 λεπτά, έναντι των 103 λεπτών που απαιτούνταν πιο πριν και εκτελεί 14,5 περιστροφές γύρω από τη Γη, την ημέρα.

Οι δορυφόροι Landsat μπορούν να συλλέγουν πληροφορία από οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος της τροχιάς τους, παρέχοντας πολύ μεγάλη επιφάνεια κάλυψης. Στη συνέχεια, η συλλεγόμενη πληροφορία μεταδίδεται σε εγχώριους ή ξένους επίγειους σταθμούς, όπου καταγράφεται σε ηλεκτρονικά μέσα αποθήκευσης όπως σειριακές ταινίες ή με τη βοήθεια άλλων οπτικών οδηγών.

Ο θεματικός χαρτογράφος TM είναι ένα ανιχνευτικό ραδιόμετρο με επτά φασματικά κανάλια. Τα εύρη των καναλιών αυτών έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η ικανότητα του αισθητήρα να διακρίνει τα ποικίλα χαρακτηριστικά των διαφόρων περιοχών στη γήινη επιφάνεια και ιδιαίτερα τους διαφορετικούς τύπους βλάστησης. Η κατανομή των επτά αυτών καναλιών στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα,

φαίνεται παραστατικά στον πίνακα 3.15. Η υψηλή ανάλυση των 30 m για τα 6 από τα 7 κανάλια επιτυγχάνεται με γωνία παρατήρησης (IFOV) 0,043 mrad, ενώ για το θερμικό κανάλι (6) η αντίστοιχη γωνία παρατήρησης είναι 0,172 mrad, που αποδίδει χαμηλότερη ανάλυση της τάξης των 120 m.

Καθεμιά από τις παρακάτω φασματικές ζώνες χρησιμοποιείται, για μια διαφορετική εφαρμογή, από αναγνώριση γεωλογικής πληροφορίας έως σκιαγράφιση υγρών σωμάτων, είναι όμως όλες χρήσιμες για ανίχνευση φυτικών χαρακτηριστικών (βλάστησης). Συγκεκριμένα το κανάλι 1, έχει σχεδιαστεί για διάκριση διαφόρων τύπων βλάστησης και γεωργικών καλλιεργειών καθώς και χαρτογράφηση δασικών περιοχών. Το κανάλι 2 έχει σχεδιαστεί για τη μέτρηση της ανακλώμενης ενέργειας στην πράσινη περιοχή του φάσματος, από τη χλωρίδα της αντίστοιχης περιοχής, για διάκριση των διαφόρων τύπων βλάστησης, αλλά και εκτίμηση της ποιότητας αυτής.

Το κανάλι 3 είναι σχεδιασμένο για την μέτρηση της ακτινοβολίας στην περιοχή απορρόφησης της χλωροφύλλης, επίσης για διάκριση της ποικιλίας των φυτών και των γεωργικών καλλιεργειών. Το κανάλι 4 είναι επίσης χρήσιμο για τη διάκριση της βλάστησης, για τη σκιαγράφιση των υγρών επιφανειών και για τη διάκριση της υγρασίας του εδάφους. Το κανάλι 5 είναι ενδεικτικό της περιεκτικότητας των φυτών και του εδάφους σε υγρασία καθώς και απαραίτητο για τη διάκριση του χιονιού από τα σύννεφα.

Το κανάλι 6 είναι χρήσιμο για την ανάλυση της πυκνότητας της βλάστησης, τη μέτρηση της κατανομής υγρασίας στο έδαφος και για εφαρμογές χαρτογράφησης θερμοκρασιακών κατανομών. Τέλος, το κανάλι 7 αποδεικνύεται χρήσιμο για τη διάκριση μεταξύ των ορυκτών στοιχείων και των πετρωμάτων και μπορεί επίσης να ανιχνεύσει το περιεχόμενο υγρασίας στους φυτικούς οργανισμούς.

Πίνακας 3.15: Φασματικά κανάλια TM

Κανάλι	Εύρος μήκους κύματος (μm)	Φασματική απόκριση	Ανάλυση(m)
1	0.450 - 0.520	Μπλε-πράσινο	30
2	0.520 - 0.600	Πράσινο	30
3	0.630 - 0.690	Κόκκινο	30
4	0.760 - 0.900	Εγγύς υπέρυθρο	30
5	1.550 - 1.750	Μέσο υπέρυθρο	30
6	10.40 - 12.50	Θερμικό υπέρυθρο	120
7	2.080 - 2.350	Μέσο υπέρυθρο	30

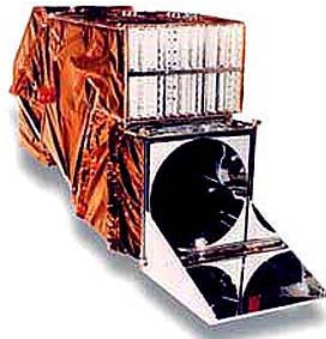
Όπως ήδη αναφέρθηκε το εύρος μήκους κύματος κάθε ζώνης έχει επιλεγεί έτσι, ώστε να μεγιστοποιείται η ικανότητα του αισθητήρα να ξεχωρίζει τους διαφορετικούς τύπους των ειδών βλάστησης, καθώς και το ύψος της χλωρίδας της κάθε περιοχής και την ποιότητά της.

Σε μήκη κύματος στην περιοχή των 0,45 και 0,67 μm (μπλε και κόκκινη), η χλωροφύλλη απορροφά σχεδόν όλη την ενέργεια που προσπίπτει σε αυτήν, με αποτέλεσμα η ανακλώμενη ενέργεια που ανιχνεύεται από τον αισθητήρα, στα συγκεκριμένα μήκη κύματος, να αποτελεί μόνο το 5% της ολικής προσπίπτουσας ενέργειας.

Στην πράσινη περιοχή του φάσματος όμως, τα τμήματα των φυτών με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, όπως τα φύλλα, ανακλούν μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας ενέργειας και συγκεκριμένα το 15% αυτής. Για το λόγο αυτό, το κανάλι 2 του TM λαμβάνει περισσότερη ενέργεια από τους φυτικούς οργανισμούς, από αυτή των καναλιών 1 και 3.

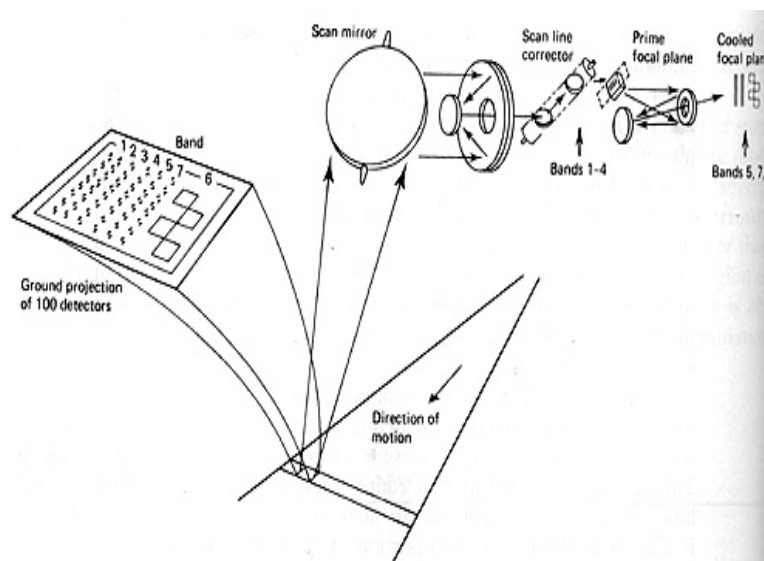
Στην εγγύς υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (0,7 - 1,3 μm), οι υγιείς φυτικοί οργανισμοί έχουν ακόμη μεγαλύτερη ανακλαστική ιδιότητα.

Παρακάτω απεικονίζεται ο αισθητήρας TM στο έδαφος πριν την τοποθέτησή του στο αεροσκάφος.



Σχήμα 3.15.3: Αισθητήρας TM

Στο σχέδιο που ακολουθεί φαίνονται κάποια από τα στοιχεία του αισθητήρα τα οποία σχετίζονται με την ανιχνευτική και οπτική διαδικασία λειτουργίας.



Σχήμα 3.15.4: Βασικά μέρη οπτικής/ανιχνευτικής λειτουργίας TM

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα που παρέχει ο αισθητήρας TM είναι η ικανότητά του να συλλέγει πληροφορία και κατά τις δύο κατευθύνσεις της διαδρομής που σαρώνει ο ανιχνευτής κατά μήκος της τροχιάς του οχήματος. Έτσι, καθώς ο αισθητήρας συλλέγει πληροφορία για την ίδια διαδρομή, τόσο από ανατολικά προς δυτικά όσο και

από δυτικά προς ανατολικά, αυξάνεται ο χρόνος κατά τον οποίο κάθε τμήμα της διαδρομής βρίσκεται κάτω από τους ανιχνευτές του οργάνου. Το ραδιόμετρο TM χρησιμοποιεί 16 αισθητήρες για κάθε κανάλι, εκτός από το θερμικό κανάλι όπου για το οποίο χρησιμοποιεί μόνο 4 ανιχνευτές.

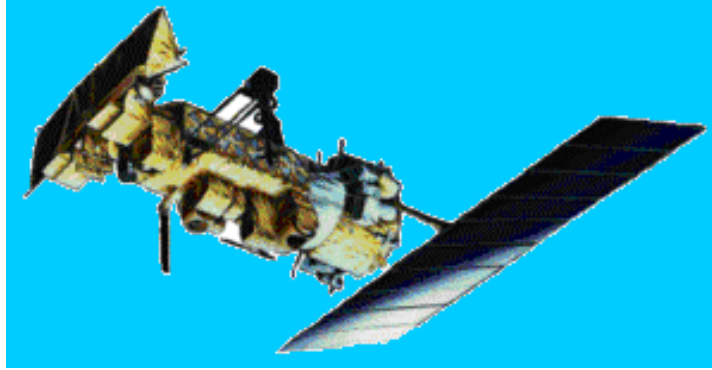
Σε κάθε στιγμιαίο πεδίο παρατήρησης (IFOV) καθένας από τους 16 ανιχνευτές του κάθε καναλιού παρατηρεί ένα ελαφρώς διαφορετικό τμήμα του εδάφους, το οποίο θα αναπαρασταθεί με τη μορφή pixel στην εικόνα, ανάλογα με το μετρούμενο ποσοστό ακτινοβολίας.

Για την περίπτωση ανάλυσης της βλάστησης, σε μια συγκεκριμένη ευρεία περιοχή, συνήθως δημιουργείται μια σύνθετη εικόνα, αναθέτοντας τα χρώματα κόκκινο, μπλε και πράσινο σε τρία διαφορετικά κανάλια και στη συνέχεια προβάλλεται η κάθε εικόνα πάνω στην άλλη. Λόγω της πολύ μεγάλης ανάλυσης του αισθητήρα 30 m, αυτός θα μπορούσε να είναι πολύ αποτελεσματικός στην ανίχνευση δασικών πυρκαγιών, όμως το γεγονός ότι μπορούμε να έχουμε πληροφορία από αυτόν κάθε 16 μέρες τον καθιστά αναποτελεσματικό για τέτοιου είδους εφαρμογή. Το TM χρησιμοποιείται κυρίως για την δημιουργία λεπτομερών χαρτών, για εκτάσεις που περιέχουν πλούσια και εύφλεκτη βλάστηση.

3.16 Εξελιγμένο ραδιόμετρο πολύ υψηλής ανάλυσης AVHRR

Ο αισθητήρας AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) συλλέγει πληροφορίες σε παγκόσμιο επίπεδο και σε καθημερινή βάση για περιβαλλοντικές, ωκεανογραφικές και ατμοσφαιρικών εφαρμογές. Η ευαισθησία του καναλιού 3, το οποίο έχει κέντρο γύρω στα 3,7μm τον καθιστά πολύτιμο για την ανίχνευση πυρκαγιών.

Το εξελιγμένο ραδιόμετρο πολύ υψηλής ανάλυσης, είναι ένας ανιχνευτής ευρείας ζώνης, με 4 ή 5 κανάλια ανάλογα με το εκάστοτε μοντέλο, ο οποίος μπορεί να ανιχνεύει την εκπεμπόμενη ακτινοβολία στην ορατή, την εγγύς υπέρυθρη και τη θερμική υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Αποτελεί μέρος του ωφέλιμου φορτίου στους περιβαλλοντικούς δορυφόρους NOAA. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο πρώτος δορυφόρος NOAA στον οποίο χρησιμοποιήθηκε το όργανο αυτό, ήταν ο TIROS-N, ο οποίος απογειώθηκε το 1978.



Σχήμα 3.16: Δορυφόρος TIROS-N

Οι δορυφόροι που χρησιμοποιούν το όργανο ανίχνευσης AVHRR, έχουν μια κυκλική, πολική, ηλιακά συγχρονισμένη τροχιά σε ύψος περίπου 840 Km και με κλίση από $98,7^\circ$ έως $98,9^\circ$. Οι δορυφόροι NOAA που χρησιμοποιούν τον αισθητήρα αυτό, εκτελούν πτήσεις τουλάχιστον ανά ζεύγη σε συμπληρωματικές τροχιές, με τον ένα να διασχίζει τον ισημερινό σε τοπική ώρα 07:30 και 19:30 και το δεύτερο σε αντίστοιχες ώρες 02:30 και 14:30, έτσι ώστε να παρέχεται πλήρης, συνεχής και συμπληρωματική ροή πληροφοριών. Με την ταυτόχρονη λειτουργία 2 δορυφόρων NOAA, καθένας από τους οποίους επαναλαμβάνει τροχιά γύρω από την γη δυο φορές το εικοσιτετράωρο, κάθε σημείο στον ισημερινό μπορεί να απεικονιστεί τέσσερις φορές, ενώ κάθε σημείο στα μέσα γεωγραφικά πλάτη μπορεί να απεικονιστεί οκτώ φορές το εικοσιτετράωρο.

Ο αισθητήρας AVHRR είναι ένα παθητικό πολυφασματικό ραδιόμετρο, καθώς αποτελείται από μια σειρά μικρών ανιχνευτών οι οποίοι συλλέγουν-μετρούν την ποσότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται ή εκπέμπεται από τη γήινη επιφάνεια σε διαφορετικές φασματικές ζώνες. Πρόκειται, δηλαδή, για μια συσκευή απεικόνισης η οποία καταγράφει την ακτινοβολία που φτάνει σε αυτή σε πέντε φασματικές περιοχές ή κανάλια :

- Κανάλι 1 (0.58 – 0.68 μm , ορατό)
- Κανάλι 2 (0.72 – 1.10 μm , πολύ κοντινό υπέρυθρο)
- Κανάλι 3 (3.55 – 3.93 μm , μέσο υπέρυθρο)
- Κανάλι 4 (10.5 – 11.3 μm , θερμικό υπέρυθρο)
- Κανάλι 5 (11.5 – 12.5 μm , θερμικό υπέρυθρο)

Τα κανάλια 1 και 2 έχουν σχεδιαστεί και ρυθμιστεί πριν από την απογείωση του σκάφους, ώστε να παρέχουν απευθείας γραμμική μετατροπή της μετρούμενης ανακλαστικότητας με 10-bit αντιστοίχιση. Επιπρόσθετα τα θερμικά κανάλια ρυθμίζονται τόσο κατά τη διάρκεια της απογείωσης όσο και κατά η διάρκεια της πτήσης ώστε να παρέχουν απευθείας γραμμική μετατροπή των ψηφιακών αριθμών σε θερμοκρασία (βαθμοί Κελσίου), ενώ ψύχονται σε θερμοκρασία 105K μέσω ενός παθητικού ψήκτη δύο βαθμίδων για αύξηση της ευαισθησίας τους. Καθώς τα κανάλια στη θερμική υπέρυθη περιοχή χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανίχνευση θερμοκρασιών στη γήινη ή θαλάσσια επιφάνεια, τα εύρη θερμοκρασιών που μπορούν να μετρηθούν σε κάθε κανάλι, είναι -25^0 έως $+49^0$ για το κανάλι 3, -100^0 έως $+57^0$ για το κανάλι 4 και -105^0 έως $+50^0$ για το πέμπτο κανάλι.

Η πληροφορία που παρέχεται από το παθητικό ραδιόμετρο AVHRR μπορεί να ανακτηθεί σε τρεις διαφορετικές μορφές :

- Υψηλής ανάλυσης εικόνα προς εκπομπή HRPT (High Resolution Picture Transmission)
- Τοπική κάλυψη LAC (Local Area Coverage)
- Παγκόσμια κάλυψη GAC (Global Area Coverage)

Η πληροφορία που αποκτάται στη μορφή HRPT είναι πληροφορία εικόνας πολύ υψηλής ανάλυσης, η οποία εκπέμπεται σε έναν επίγειο σταθμό τη στιγμή που συλλέγεται. Η ανάλυση του εδάφους σε μια εικόνα HRPT είναι περίπου 1,1 km (ακριβώς κάτω από την τροχιά του αεροσκάφους ύψους 833 km).

Η πληροφορία στη μορφή LAC είναι επίσης υψηλής ανάλυσης, αλλά στην περίπτωση αυτή, η πληροφορία συλλέγεται, καταγράφεται σε μια ταινία πάνω στο σκάφος-όχημα και εκπέμπεται αργότερα όταν αυτό περάσει πάνω από έναν επίγειο σταθμό. Η ανάλυση και εδώ είναι 1,1 km, που σημαίνει ότι κάθε pixel στην παραγόμενη εικόνα αναπαριστά μια περιοχή στο έδαφος επιφάνειας 1 km x 1 km.

Η πληροφορία GAC προέρχεται από δειγματοληψία κατά την οποία έχει συνυπολογιστεί ολόκληρη η πληροφορία που λαμβάνεται από τον αισθητήρα AVHRR. Εδώ η ανάλυση είναι χαμηλότερη της τάξης των 4 km.

Χρησιμοποιώντας περισσότερες από χίλιες εικόνες, που ελήφθησαν από το συγκεκριμένο δορυφόρο, έχει αναπτυχθεί ένας ημιαυτόματος αλγόριθμος για την ανίχνευση φωτιάς και καπνού, ο οποίος βασίζεται στην ευαισθησία του τρίτου καναλιού του AVHRR (στα 3,7 μm), στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια των πυρκαγιών.

Σχετικά με την επιρροή της ατμόσφαιρας στα φασματικά δεδομένα, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η ατμόσφαιρα επηρεάζει τη φασματική κατανομή που παρατηρείται στο κανάλι, εμποδίζοντας ή εισάγοντας διαφορετικές ζώνες στο λαμβανόμενο φάσμα. Συνηθέστερα, από οπτικής άποψης παρατηρείται κάποια θαμπάδα και μείωση της αντίθεσης στη λαμβανόμενη εικόνα ιδιαίτερα κατά την διάρκεια της ημέρας, λόγω της ισχυρής ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας από το έδαφος και τα σύννεφα. Το κανάλι αυτό είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό κατά τις απογευματινές ώρες, την διάρκεια της νύχτας και τις πρώτες πρωινές ώρες, όπου η παρουσία του ήλιου είναι μικρή. Το πρόβλημα αυτό, μπορεί να αντιμετωπιστεί χρησιμοποιώντας πληροφορίες από άλλα κανάλια του οργάνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ ΣΤΑ ΚΑΝΑΛΙΑ 3 ΚΑΙ 4 ΤΟΥ ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΟΥ AVHRR

Σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς, η ακτινοβολία που φτάνει σε έναν δορυφορικό ανιχνευτή από την περιοχή που λαμβάνει χώρα το συμβάν, είναι διαδοχικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπονται από το μέτωπο της φωτιάς που δημιουργείται, από τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης και από τη μικρού μήκους κύματος ηλιακή ακτινοβολία η οποία σκεδάζεται από την επιφάνεια της Γης και την ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Στην φασματική περιοχή του ορατού και του κοντινού υπέρυθρου η ακτινοβολία που προέρχεται από τον Ήλιο κυριαρχεί, ενώ αντίθετα στο θερμικό υπέρυθρο κυριαρχεί η ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης. Στην περιοχή του μέσου υπέρυθρου τόσο η ηλιακή όσο και η γήινη ακτινοβολία δίνουν ασθενές σήμα. Επομένως, το φασματικό παράθυρο στο μέσο υπέρυθρο (mid-IR window: 3-5 μm) είναι η περιοχή που υπάρχει η μεγαλύτερη πιθανότητα να καταγραφεί μια φωτιά με βάση τη θερμοκρασία που έχει.

Όσο ισχυρότερη είναι η φωτιά (μεγαλύτερη θερμοκρασία), το μέγιστο της καμπύλης εκπομπής της (φασματική περιοχή στην οποία ο δορυφορικός-ανιχνευτής θα καταγράψει το φαινόμενο) μετατοπίζεται σε μικρότερα μήκη κύματος. Έτσι, για σημεία-περιοχές με πολύ υψηλές θερμοκρασίες στην επιφάνεια της γης, το μέγιστο ποσό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπουν καταγράφεται στο κανάλι 3.

Το γεγονός αυτό προκαλεί μια διαφορά της τάξης των 20 με 30 °C στη φωτιά ακτινοβολία που καταγράφεται θερμοκρασιακά στα κανάλια 3 και 4, ενώ τυπικές διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των δύο αυτών καναλιών είναι της τάξης των 1 με 2 °C για σημεία πάνω στην επιφάνεια της γης. Συνεπώς με ταυτόχρονη χρήση των καναλιών 3 και 4 του AVHRR είναι δυνατή η ανίχνευση στόχων που έχουν υψηλές θερμοκρασίες

στην επιφάνεια της γης. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο πιο εύκολα γίνεται διαχωρίσιμο ένα τέτοιο σημείο, λόγω του ότι η διαφορά θερμοκρασίας που παρουσιάζεται στα κανάλια 3 και 4 θα έχει μεγαλύτερο εύρος, χρησιμοποιώντας αυτή τη διαφορά ως στοιχείο αναγνώρισης του δεδομένου σημείου με τη βοήθεια κατάλληλου αλγορίθμου.

Προϋπόθεση για τη χρήση οποιουδήποτε αλγορίθμου που θα εκμεταλλεύεται τη φασματική αυτή ιδιαιτερότητα που εμφανίζουν τα σημεία πολύ υψηλών θερμοκρασιών είναι η απουσία νέφωσης. Σε διαφορετική περίπτωση ο αλγόριθμος θα πρέπει να χρησιμοποιεί κατάλληλο φίλτρο για την απαλοιφή των νεφών από τη δορυφορική εικόνα.

4.1 Δεδομένα και μεθοδολογία

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται είναι εικόνες NOAA/AVHRR υψηλής ευκρίνειας (Local Area Coverage) που έχουν ληφθεί από το σταθμό του Πανεπιστημίου του Dundee. Σε αυτή την περίπτωση έχουν επιλεγεί οι εικόνες που έχουν ληφθεί από το δορυφόρο NOAA 9 στις ημερομηνίες 2 Ιουνίου 1987 (13:55 UTC) και 24 Φεβρουαρίου 1986 (12:55 UTC).

Οι ημερομηνίες αυτές επιλέγονται για το λόγο ότι στην πρώτη περίπτωση εκδηλώθηκε βιομηχανικό ατύχημα στις εγκαταστάσεις της Shell στη Λυών της Γαλλίας και στη δεύτερη περίπτωση στις εγκαταστάσεις της Jet Oil στο Καλοχώρι Θεσσαλονίκης. Οι εικόνες έχουν τη διαμόρφωση (format) NOAA Level 1-b και είναι δομημένες σε λέξεις των 10 bit (1024 gray levels). Η επεξεργασία τους πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό ERDAS IMAGINE 8.3 του εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης του Τομέα Φυσικής Εφαρμογών του Πανεπιστημίου Αθηνών με στόχο τη θερμική ανίχνευση των δύο συμβάντων που αναφέρονται πιο πάνω.

Αρχικά οι εικόνες υφίστανται τις κατάλληλες γεωμετρικές διορθώσεις με βάση την πληροφορία που εμπεριέχεται στο format Level 1-b και κατόπιν την κατάλληλη βαθμονόμηση (calibration), ώστε οι ψηφιακές τιμές των εικονοστοιχείων της εικόνας να μετατραπούν σε θερμοκρασίες ακτινοβολίας για τα κανάλια του υπέρυθρου και σε

λευκαύγειες (λόγος ανακλώμενης προς προσπίπτουσα ακτινοβολία) για τα κανάλια του ορατού.

Έπειτα δημιουργείται ένα απλό μοντέλο που χρησιμοποιεί αλγόριθμο με δύο κριτήρια για το φιλτράρισμα των νεφών που υπάρχουν και ένα κριτήριο για τον έλεγχο του αν η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4 ξεπερνά ένα ορισμένο κατώφλι. Το φιλτράρισμα των νεφών (μάσκα) είναι απαραίτητο γιατί στα εικονοστοιχεία που αντιστοιχούν σε νέφη, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4 παίρνει μεγάλες τιμές με αποτέλεσμα να συγχέονται τα εικονοστοιχεία αυτά με εικονοστοιχεία που πιθανόν αντιστοιχούν σε περιοχές πολύ υψηλών θερμοκρασιών στην επιφάνεια της γης.

Το πρώτο κριτήριο για το φιλτράρισμα των νεφών χρησιμοποιεί το λόγο γραμμικού συνδυασμού των καναλιών 1 και 5

$$\frac{Channel5 - Channel1}{Channel5 + Channel1},$$

όπου Channel5 είναι η θερμοκρασία φωτεινότητας στο πέμπτο AVHRR κανάλι, και Channel 1 ο συντελεστής ανάκλασης στο πρώτο AVHRR κανάλι.

Επειδή το κανάλι 3 είναι πολύ ευαίσθητο σε αντικείμενα, όπως είναι τα νέφη, με αποτέλεσμα να δημιουργούν μεγάλη επίδραση σε αυτό και κατά συνέπεια ψεύτικους συναγερούς, είναι υποχρεωτική η πληροφορία και από άλλα κανάλια του AVHRR, για την απαλοιφή των νεφών. Ένα φίλτρο για την απαλοιφή των νεφών από την δορυφορική εικόνα είναι επομένως το εξής:

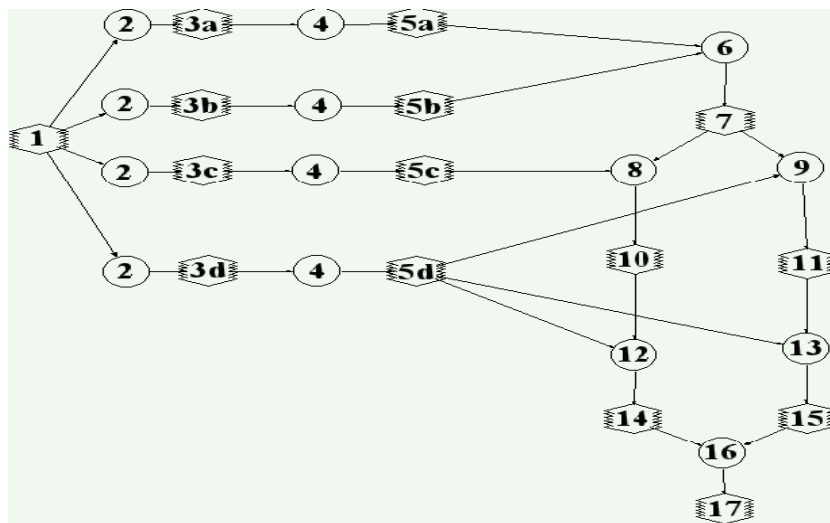
$$\frac{Channel5 - Channel1}{Channel5 + Channel1},$$

όπου Channel5 είναι η θερμοκρασία φωτεινότητας στο πέμπτο AVHRR κανάλι, και Channel 1 ο συντελεστής ανάκλασης στο πρώτο AVHRR κανάλι.

Λόγω της κανονικοποίησης οι ψηφιακές τιμές (στην εικόνα που προκύπτει από το λόγο αυτόν) κυμαίνονται από 0 έως 1. Ανάλυση του ιστογράμματος της εικόνας αυτής οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στις περιοχές που υπάρχει νέφωση οι ψηφιακές τιμές είναι μικρότερες του 0,95. Η χρήση της τιμής αυτής ως κατώφλι δίνει το πρώτο φίλτρο για τα νέφη.

Το δεύτερο φίλτρο χρησιμοποιεί το κανάλι 4 και εξετάζει αν η θερμοκρασία που αντιστοιχεί σε ένα δεδομένο εικονοστοιχείο ξεπερνά μια προκαθορισμένη τιμή. Η τιμή αυτή δεν είναι σταθερή αλλά μπορεί να εκτιμηθεί προσεγγιστικά ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται η τιμή 280 °K. Έπειτα από τη μάσκα των νεφών ενεργοποιείται το κριτήριο που εξετάζει τις τιμές της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4 και που στην ουσία είναι το κριτήριο εντοπισμού των περιοχών πολύ υψηλών θερμοκρασιών που πιθανόν να οφείλονται σε βιομηχανικά ατυχήματα.

Στο σχήμα παρουσιάζεται η αναλυτική μορφή του αλγορίθμου που χρησιμοποιείται.



Σχήμα 4.1.1: Διάγραμμα ροής του μοντέλου που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των συμβάντων.

Στο σημείο 1 έχουμε την αρχική εικόνα AVHRR. Στο σημείο 2 γίνεται ο διαχωρισμός των καναλιών και η επιλογή αυτών που θα χρησιμοποιηθούν στο σημείο 3 (3a: κανάλι 1, 3b: κανάλι 5, 3c: κανάλι 3, 3d: κανάλι 4).

Στο σημείο 4 γίνεται η βαθμονόμηση (calibration) που έχει σαν αποτέλεσμα οι ψηφιακές τιμές των καναλιών να αντιστοιχούν σε θερμοκρασίες ακτινοβολίας ή λευκαύγειες στο σημείο 5 (5a: κανάλι 1, 5b: κανάλι 5, 5c: κανάλι 3, 5d: κανάλι 4).

Στο σημείο 6 δημιουργείται ο λόγος $\frac{Channel5 - Channel1}{Channel5 + Channel1}$, τον οποίον έχουμε τελικά στο σημείο 7.

Στο σημείο 8 χρησιμοποιείται το πρώτο φίλτρο για τα νέφη που έχει σαν αποτέλεσμα τη μάσκα νεφών για το κανάλι 3 στο σημείο 10.

Στο σημείο 9 χρησιμοποιείται το πρώτο φίλτρο για τα νέφη που έχει σαν αποτέλεσμα τη μάσκα νεφών για το κανάλι 4 στο σημείο 11.

Στο σημείο 12 χρησιμοποιείται το δεύτερο φίλτρο για τα νέφη που έχει σαν αποτέλεσμα την βελτίωση της μάσκας νεφών για το κανάλι 3 στο σημείο 14.

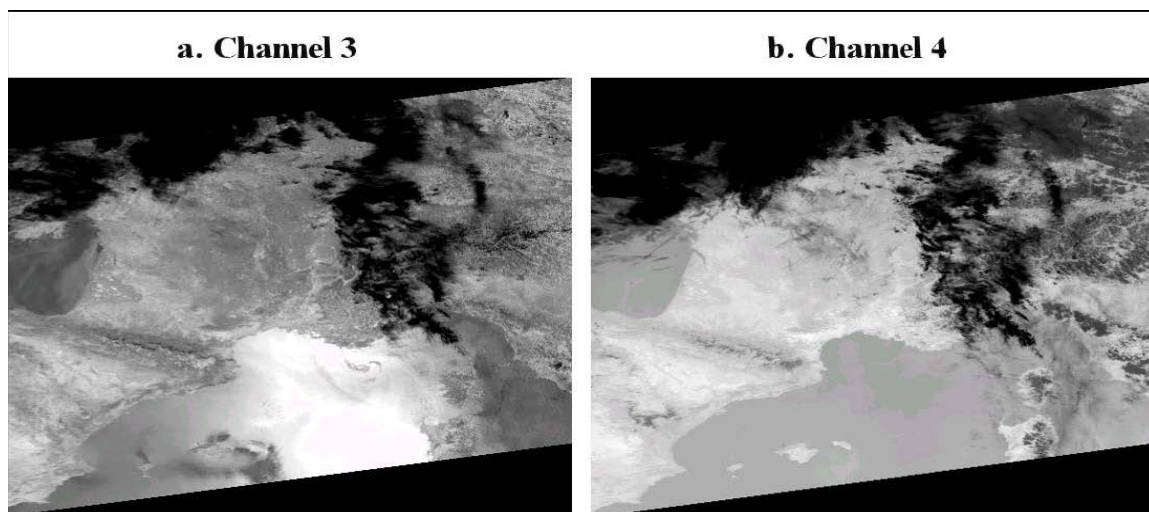
Στο σημείο 13 χρησιμοποιείται το δεύτερο φίλτρο για τα νέφη που έχει σαν αποτέλεσμα την βελτίωση της μάσκας νεφών για το κανάλι 4 στο σημείο 15.

Στο σημείο 16 δημιουργείται η διαφορά των καναλιών 3 και 4 τα οποία έχουν φιλτραριστεί στα προηγούμενα βήματα.

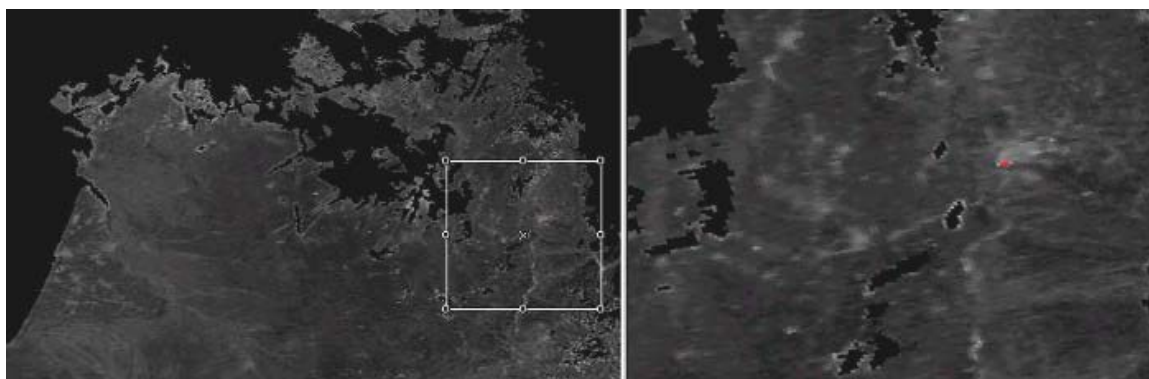
Στο σημείο 17 προκύπτει το τελικό αποτέλεσμα που είναι μια εικόνα στην οποία παρουσιάζεται η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4. Στην εικόνα αυτή αναζητούνται τα εικονοστοιχεία εκείνα των οποίων η διαφορά θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη από 20 °C. Τα εικονοστοιχεία αυτά αντιπροσωπεύουν πηγές πολύ υψηλών θερμοκρασιών στην επιφάνεια της Γης όπως είναι οι περιοχές που εκδηλώνονται βιομηχανικά ατυχήματα μεγάλης έκτασης.

Αποτελέσματα

Στο σχήμα φαίνονται τα κανάλια 3 και 4 του AVHRR για την περιοχή ενδιαφέροντος στις 2 Ιουνίου 1987 (13:55 UTC) όπως προκύπτουν μετά τις γεωμετρικές διορθώσεις και την βαθμονόμηση. Στο σχήμα παρουσιάζεται η περιοχή της Γαλλίας όπως προκύπτει μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου. Με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται τα σημεία των οποίων η διαφορά θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη από 20 °C, τα οποία φαίνονται καλύτερα στη διπλανή μεγέθυνση και είναι πάνω ακριβώς στην περιοχή της Λυών όπου εκδηλώθηκε το ατύχημα.



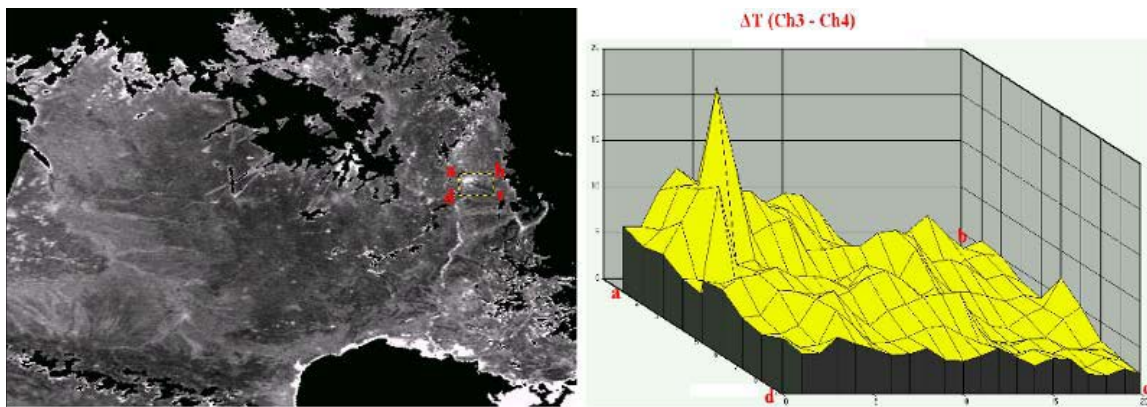
Σχήμα 4.1.2 : Κανάλια 3 και 4 του AVHRR στις 2 Ιουνίου 1987 (13:55 UTC).



Σχήμα 4.1.3: Ανίχνευση του συμβάντος στο υπέρυθρο.

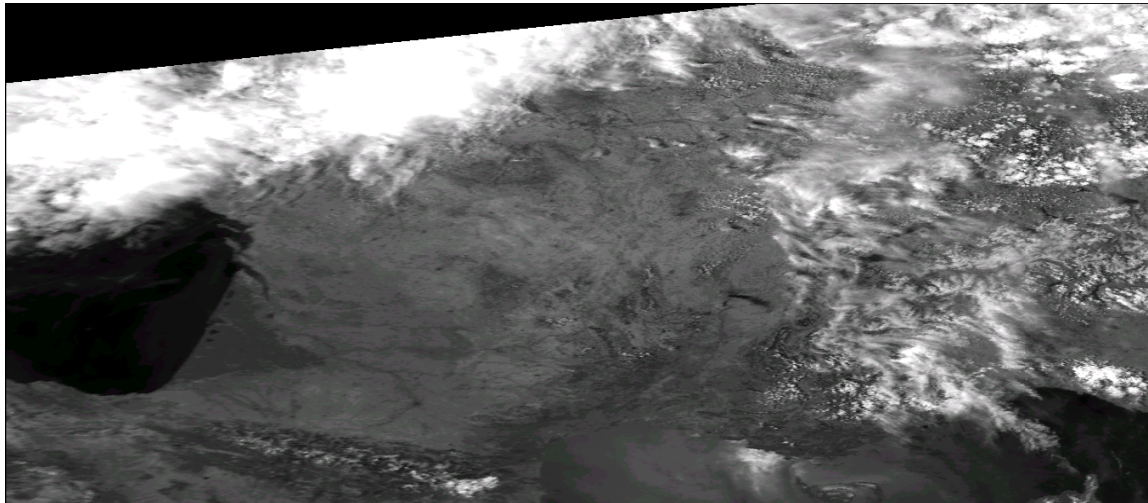
Στο σχήμα επιλέγεται η ευρύτερη περιοχή της Λυών (πλαίσιο a,b,c,d) και παριστάνονται γραφικά οι ψηφιακές τιμές των εικονοστοιχείων που αντιστοιχούν στο παραπάνω πλαίσιο, οι οποίες στην ουσία εκφράζουν τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4.

Όπως είναι φανερό η κορυφή που παρουσιάζεται (διαφορά θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 20°C) αντιστοιχεί στο σημείο του ατύχηματος, ενώ και στις περιοχές άμεση γειτνίασης η διαφορά θερμοκρασίας είναι υψηλή. Σε πιο απομακρυσμένες περιοχές, η διαφορά θερμοκρασίας περιορίζεται στις τυπικές τιμές που παίρνει πάνω στην επιφάνεια της γης (μικρότερες από 5 °C).



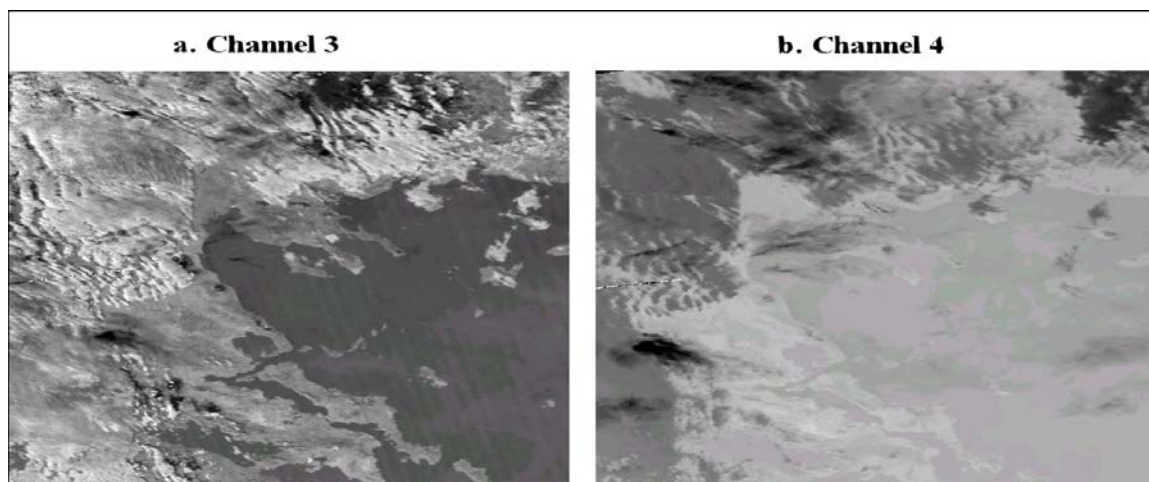
Σχήμα 4.1.4 : Χωρική κατανομή της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4 στην περιοχή γύρω από το ατύχημα.

Στο σχήμα παρουσιάζεται η παραπάνω περιοχή χρησιμοποιώντας το κανάλι 2. Η παρουσία του καπνού πάνω ακριβώς στα εικονοστοιχεία που εντοπίστηκαν στις προηγούμενες εικόνες επιβεβαιώνει την εκδήλωση του ατυχήματος.



Σχήμα 4.1.5: Κανάλι 2 του AVHRR στις 2 Ιουνίου 1987 (13:55 UTC).

Στο σχήμα 4.1.5 φαίνονται τα κανάλια 3 και 4 του AVHRR για την περιοχή ενδιαφέροντος στις 24 Φεβρουαρίου 1986 (12:55 UTC) όπως προκύπτουν μετά τις γεωμετρικές διορθώσεις και την βαθμονόμηση.



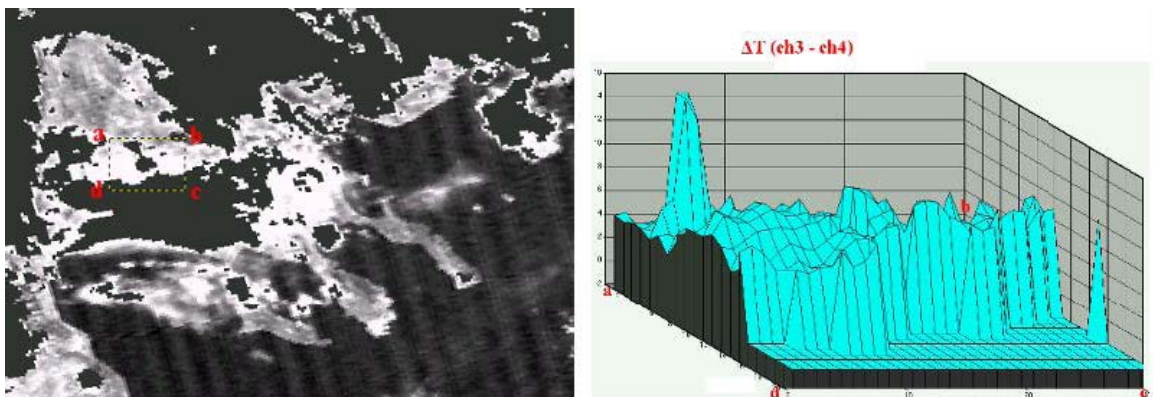
Σχήμα 4.1.6 Κανάλια 3 και 4 του AVHRR στις 24 Φεβρουαρίου 1986 (12:55 UTC).

Στην εικόνα του σχήματος 4.1.6 παρουσιάζεται η περιοχή της Βόρειας Ελλάδας όπως προκύπτει μετά την εφαρμογή του αλγορίθμου. Με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται τα σημεία των οποίων η διαφορά θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερη από 20 °C, τα οποία φαίνονται καλύτερα στη μεγέθυνση και είναι πάνω ακριβώς στην περιοχή του Καλοχωρίου Θεσσαλονίκης όπου εκδηλώθηκε το ατύχημα.

Στην εικόνα του σχήματος επιλέγεται η ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης (πλαίσιο a,b,c,d) και παριστάνονται γραφικά οι ψηφιακές τιμές των εικονοστοιχείων που αντιστοιχούν στο παραπάνω πλαίσιο, οι οποίες στην ουσία εκφράζουν τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4. Όπως είναι φανερό η κορυφή που παρουσιάζεται αντιστοιχεί στο σημείο του ατυχήματος.

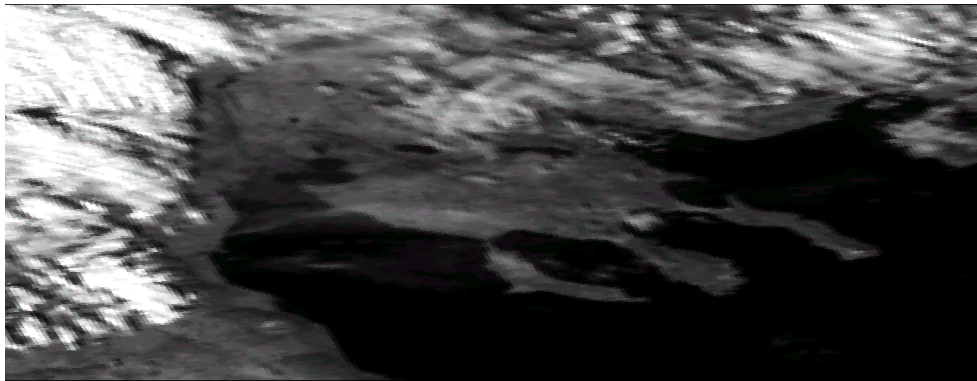


Σχήμα 4.1.7: Ανίχνευση του συμβάντος στο υπέρυθρο.



Σχήμα 4.1.8 : Χωρική κατανομή της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4 στην περιοχή γύρω από το ατύχημα.

Στην εικόνα του επόμενου σχήματος παρουσιάζεται η παραπάνω περιοχή χρησιμοποιώντας το κανάλι 2. Η παρουσία του νέφους του καπνού (παρ' όλο που δεν είναι τόσο ευδιάκριτη όσο στην προηγούμενη περίπτωση) πάνω ακριβώς στα εικονοστοιχεία που εντοπίστηκαν στις προηγούμενες εικόνες επιβεβαιώνει την εκδήλωση του ατυχήματος.



Σχήμα 4.1.9: Κανάλι 2 του AVHRR στις 24 Φεβρουαρίου 1986 (12:55 UTC).

Συμπεράσματα

Κατά την διάρκεια της εκδήλωσης ενός βιομηχανικού ατυχήματος μεγάλης έκτασης, η θερμοκρασία στο μέτωπο της φωτιάς μπορεί να φτάσει σε πολύ υψηλά επίπεδα κάνοντας εφικτό τον εντοπισμό της συγκεκριμένης περιοχής από κατάλληλο δορυφορικό δέκτη ο οποίος έχει την ικανότητα να καταγράψει την ακτινοβολία που εκπέμπεται. Ένας τέτοιος δορυφορικός δέκτης θα πρέπει να έχει τουλάχιστον ένα κανάλι στην περιοχή του μέσου υπέρυθρου. Το ραδιόμετρο AVHRR των δορυφόρων NOAA έχει φασματικά κανάλια στο μέσο και στο θερμικό υπέρυθρο. Παρ' όλο που χωρική διακριτική του ικανότητα είναι μόλις 1,1 km στο ναδίρ, έχει τη δυνατότητα εντοπισμού συμβάντων βιομηχανικών ατυχημάτων επειδή η θερμοκρασία στις περιπτώσεις αυτές ανεβαίνει σε τέτοια επίπεδα προκαλώντας κορεσμό των υπέρυθρων καναλιών του δέκτη και καταλαμβάνοντας με τον τρόπο αυτόν ολόκληρα εικονοστοιχεία.

Η ανίχνευση τέτοιων συμβάντων και ο διαχωρισμός των εικονοστοιχείων που τα αντιπροσωπεύουν δεν μπορεί να γίνει με ακρίβεια με τη χρήση ενός μόνο καναλιού,

αλλά είναι προτιμότερη η χρήση πολυφασματικών μεθόδων και κατάλληλων αλγορίθμων. Η εφαρμογή αλγορίθμου που στηρίζεται στην κατανομή της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των καναλιών 3 και 4 του AVHRR δίνει πολύ καλά αποτελέσματα στην ανίχνευση συμβάντων βιομηχανικών ατυχημάτων και στο διαχωρισμό των εικονοστοιχείων που τα αντιπροσωπεύουν. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη λειτουργία ενός τέτοιου αλγορίθμου είναι η συνδυασμένη χρήση του με αλγόριθμους απαλοιφής των νεφών από τη δορυφορική εικόνα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ(G.I.S)

Ορισμός

Ο όρος Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αναφέρεται σε κάθε σύστημα Η/Υ που έχει τη δυνατότητα να διαχειρίζεται και να επεξεργάζεται χωρικά γεωγραφικά δεδομένα. Δεν περιλαμβάνει μόνο λογισμικό και υλικό, αλλά και ειδικές συσκευές για εισαγωγή και δημιουργία χαρτών, καθώς και τα συστήματα επικοινωνιών που απαιτούνται γι' αυτή την εργασία. Η λειτουργία των ΓΣΠ στηρίζεται σε μια βάση δεδομένων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους χρήστες για την κάλυψη πληροφοριακών αναγκών.

Η βάση αυτή, αποτελείται από μια σειρά πληροφοριακών επιπέδων, τα οποία αφορούν την ίδια γεωγραφική περιοχή. Το καθένα από τα επίπεδα αυτά, περιλαμβάνει είτε μη επεξεργασμένα δεδομένα, όπως τοπογραφικά, δορυφορικά κλπ., είτε θεματικές πληροφορίες, όπως π.χ είδος βλάστησης, τύπος εδαφών, κλίση και είδος επιφανείας, αποτελέσματα ταξινόμησης δορυφορικών δεδομένων κλπ. Όλα όμως τα παραπάνω, είναι αυστηρά προσανατολισμένα σε ένα κοινό γεωγραφικό σύστημα, ώστε να καθίσταται δυνατός ο συνδυασμός ορισμένων από αυτά, ανάλογα με τις επιθυμίες του χρήστη. Θα πρέπει να τονιστεί ότι όλα τα δεδομένα και οι πληροφορίες είναι σε ψηφιακή μορφή και η επεξεργασία τους γίνεται με ειδικά προγράμματα.

Σε σύγκριση με τους απλούς χάρτες, ένα σύστημα GIS έχει το πλεονέκτημα ότι η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται χωριστά από την αναπαράστασή τους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα ίδια δεδομένα να μπορούν να αναπαρασταθούν με διαφορετικούς τρόπους. Π.χ. μπορούμε να μεγεθύνουμε τον ψηφιακό πλέον χάρτη, να εμφανίσουμε επιθυμητές μόνο περιοχές, να κάνουμε υπολογισμούς αποστάσεων μεταξύ τοποθεσιών, να δημιουργήσουμε πίνακες που να δείχνουν τα διάφορα χαρακτηριστικά του χάρτη, να εισάγουμε επιπλέον πληροφορίες μέσα στο χάρτη. Επιπροσθέτως, ένα σύστημα GIS έχει

όλα εκείνα τα πλεονεκτήματα με τη χρήση των Η/Υ όπως, διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων εύκολα και γρήγορα.

Όλα τα δεδομένα σε ένα σύστημα GIS είναι γεωκαταχωρημένα, δηλ. συνδεδεμένα με μια κοινή γεωγραφική τοποθεσία στην επιφάνεια της Γης μέσω ενός συστήματος συντεταγμένων. Ένα από τα πιο συνηθισμένα συστήματα γεωγραφικών συντεταγμένων είναι αυτό του γεωγραφικού μήκους και γεωγραφικού πλάτους. Σ' αυτό το σύστημα συντεταγμένων, κάθε τοποθεσία προσδιορίζεται σχετικά με τον ισημερινό και τη γραμμή μηδενικού γεωγραφικού μήκους που περνά από το αστεροσκοπείο Greenwich της Αγγλίας. Υπάρχουν πολλά άλλα γεωγραφικά συστήματα συντεταγμένων και κάθε GIS σύστημα θα πρέπει να μπορεί να μετατρέπει τις συντεταγμένες από το ένα σύστημα στο άλλο.

Για να λειτουργήσει παραγωγικά ένα ΓΣΠ απαιτούνται τα εξής :

- Το υπολογιστικό σύστημα και τα περιφερειακά του (hardware)
- Το λογισμικό (software) που θα καταστήσει ικανό το υπολογιστικό σύστημα να επεξεργαστεί το σύνολο των δεδομένων.
- Τα δεδομένα (data) που θα εισαχθούν στο ΓΣΠ

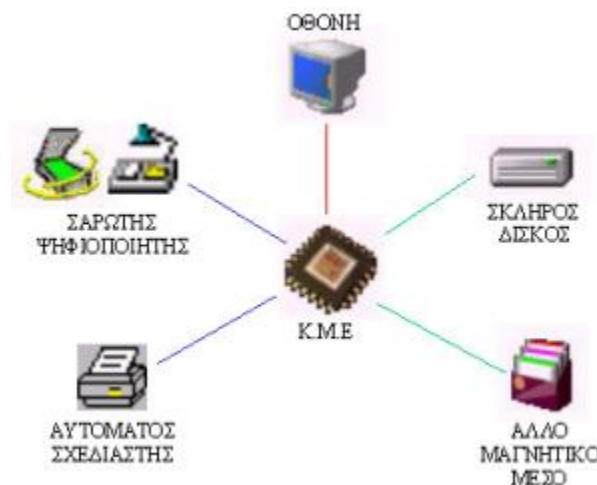
5.1 Υπολογιστικό σύστημα και τα περιφερειακά του

Αυτό αποτελείται από:

- Ένα προσωπικό υπολογιστή (PC), είτε ένα σταθμό εργασίας (workstation) είτε ένα ακόμη ισχυρότερο σύστημα (π.χ. ένα mainframe σύστημα).
- Σύστημα απεικόνισης που να επιτρέπει έγχρωμες γραφικές απεικονίσεις υψηλής ανάλυσης και απεικονίσεις κειμένου.
- Σύστημα αποθήκευσης με πολύ μεγάλη χωρητικότητα (μόνιμοι ή κινητοί σκληροί δίσκοι, οπτικοί δίσκοι).
- Σύστημα εισαγωγής δεδομένων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ψηφιοποιητές (digitizers) και σαρωτές (scanners) για τα χωρικά δεδομένα και το πληκτρολόγιο για τα μη χωρικά. Εισαγωγή δεδομένων μπορεί να γίνει και με

άλλους τρόπους, π.χ. μπορούν να εισαχθούν δεδομένα από παγκόσμια συστήματα πλοήγησης και εντοπισμού θέσης (GPS/Global Positioning System), από δορυφορικές εικόνες σε ψηφιακή μορφή κ.α.

- Σύστημα παρουσίασης των αποτελεσμάτων σε έντυπη μορφή, π.χ. εκτυπωτές (printers) και αυτόματοι σχεδιαστές (plotters).



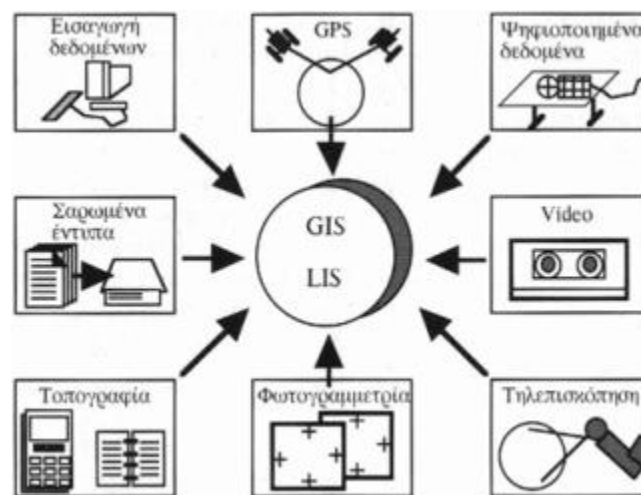
Σχήμα 5.1 : Υπολογιστικό σύστημα και τα περιφερειακά του

5.2 Λογισμικό

Ένα λογισμικό ΓΣΠ πρέπει να παρέχει τις εξής δυνατότητες:

- Την ψηφιοποίηση δεδομένων: εισαγωγή σημείων, γραμμών πολυγώνων, χαρακτηριστικών ιδιοτήτων και στατιστικών.
- Την αποθήκευση δεδομένων: αποθήκευση πολλαπλών χαρακτηριστικών ανά πολύγωνο, συσχετισμό αριθμητικών και γραφικών δεδομένων.
- Την επεξεργασία δεδομένων: εντοπισμό σφαλμάτων, συνδυασμό και τακτοποίηση των δεδομένων μέσα στην αντίστοιχη βάση, συντήρηση και ενημέρωση με νέα δεδομένα, μετατροπή των x,y συντεταγμένων της ψηφιοποίησης σε πραγματικές (ανάλογα με την προβολή) συντεταγμένες, ένωση δύο ή περισσότερων χαρτών, επιλογή τμήματος μιας περιοχής και καταχώρηση σε ξεχωριστό αρχείο.

- Την ανάλυση δεδομένων: δημιουργία νέων πολυγώνων (π.χ. Buffer zones) γύρω από σημεία ή γραμμές, εκτέλεση εντολών Boolean δηλαδή ΚΑΙ, Ή και ΟΧΙ (AND, OR και NOT) πάνω στα διάφορα επίπεδα δεδομένων, μέτρηση μηκών και εκτάσεων, δυνατότητα εφαρμογής μοντέλων, στατιστική επεξεργασία κλπ.
- Την εξαγωγή δεδομένων: στην οθόνη σε εκτυπωτές, σε αυτόματους σχεδιαστές, σε ψηφιακή μορφή, δυνατότητα έκθεσης διαγραμμάτων, πολυγώνων κλπ.
- Εκτός των παραπάνω απαραίτητων δυνατοτήτων χειρισμού γεωγραφικά προσανατολισμένων δεδομένων, τα ΓΣΠ πρέπει να περιλαμβάνουν ρουτίνες οι οποίες επιτρέπουν την επεξεργασία και ανάλυση δορυφορικών δεδομένων.



Σχήμα 5.2 : Λογισμικό

5.3 Δεδομένα

Τα δεδομένα που εισάγονται μέσω της διαδικασίας της ψηφιοποίησης και αφού υποστούν τις απαραίτητες διορθώσεις- χρησιμοποιούνται στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ανάλογα με την φύση και το περιεχόμενό τους και διακρίνονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:

Τα **χωρικά** δεδομένα, τα οποία χαρακτηρίζονται αποκλειστικά από τη θέση τους στο χώρο σε σχέση με κάποιο σύστημα συντεταγμένων, διακρίνονται σε τέσσερις βασικές κατηγορίες:

- Σημειακά δεδομένα, όπως εμφανίσεις κοιτασμάτων και θέσεις γεωτρήσεων.
- Γραμμικά δεδομένα, όπως ρήγματα και κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου.
- Επιφανειακά δεδομένα τα οποία καταλαμβάνουν μια κλειστή έκταση.
- Δεδομένα ανάγλυφου ή τρισδιάστατα, τα οποία καταλαμβάνουν όχι μόνο μια δεδομένη επιφάνεια, αλλά εκτείνονται και στον τρισδιάστατο χώρο. Περιλαμβάνουν δηλαδή επιφάνειες καθώς και κατακόρυφες ή τρίτης διάστασης (Z) συντεταγμένες. Έχουν δηλαδή μήκος, πλάτος και ύψος. Τέτοια περίπτωση είναι η τρισδιάστατη εμφάνιση ενός χάρτη κλίσεων ή γενικότερα η προσομοιωμένη τρισδιάστατη εμφάνιση του ανάγλυφου.

Τα **μη χωρικά** ή **περιγραφικά** δεδομένα, τα οποία σχετίζονται ή περιγράφουν τα χαρακτηριστικά ή τις ιδιότητες της υπόψη χωρικής θέσης. Έτσι π.χ. η θέση μιας ισοϋψούς καμπύλης πάνω στο χάρτη είναι χωρική πληροφορία, ενώ ο χαρακτηρισμός της με βάση το υψόμετρό της, μη χωρική.

Τα ΓΣΠ μπορούν να θεωρηθούν κάλιστα, ως ένα σύγχρονο εργαλείο χωρικής επεξεργασίας και μοντελοποίησης δεδομένων του περιβάλλοντος, στη γεωγραφική ανάλυση εμφάνισης πυρκαγιών και εκτίμησης του κινδύνου αυτών. Χωρικά δεδομένα όσον αφορά την κατανομή στο χώρο και στο χρόνο της κάλυψης δασών και δασικών εκτάσεων, μετεωρολογικών δεδομένων, της τοπογραφίας και άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων μπορούν με ευκολία και ταχύτητα να συνδυασθούν και να πεξεργασθούν στα πλαίσια μιας καλά δομημένης τράπεζας πληροφοριών. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω των εργαλείων και πλεονεκτημάτων που προσφέρουν τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, η επιστήμη της πληροφορικής και η αυτόματη ψηφιακή επεξεργασία.

5.4 Δομή δεδομένων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών

Τα χωρικά δεδομένα πρέπει να μετατραπούν σε ψηφιακή μορφή κατάλληλη για χρήση από τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Η διαδικασία αυτή καλείται γεωκωδικοποίηση (geocoding), γιατί κατά την ψηφιοποίηση διατηρούνται τα τοπολογικά χαρακτηριστικά των δεδομένων. Τα ψηφιακά δεδομένα καταχωρούνται είτε σε μορφή πλέγματος (raster) είτε σε μορφή διανύσματος ή πολυγώνου (vector).

Δομή raster

Στη δομή αυτή ο χώρος υποδιαιρείται σε όμοια τετράγωνα (στοιχεία πλέγματος), όπως στην περίπτωση των δορυφορικών δεδομένων. Το πλέγμα αποτελείται από επιμέρους στοιχειώδη τμήματα που ονομάζονται ψηφίδες ή εικονοψηφίδες (Picture Elements, pixels). Η θέση ενός σημείου ορίζεται από τη γραμμή και τη στήλη του πλέγματος στην οποία εμπίπτει. Το μέγεθος των τετραγώνων ορίζει και τη χωρική διακριτική ικανότητα εμφάνισης των δεδομένων. Τα συστήματα πλέγματος είναι συμβατά με άλλα δεδομένα όπως τα δορυφορικά, ή άλλα όργανα εξαγωγής δεδομένων σε μορφή raster, όπως π.χ. οι κλασσικοί εκτυπωτές.

Δομή διανύσματος

Η δομή αυτή έχει ως βασική μονάδα το διάνυσμα, δηλαδή είναι κατάλληλη στις περιπτώσεις, όπου:

- Δεδομένα ή χαρακτηριστικά του χώρου είναι δυνατό να οριστούν ακριβώς, με τη χρησιμοποίηση γραμμών.
- Απαιτείται η όσο το δυνατό ακριβέστερη παρουσίαση του σχήματος ενός αντικειμένου
- Επιδιώκεται ο ακριβής εντοπισμός του αντικειμένου στο χώρο.

Έχει αποδειχθεί ότι τα διανυσματικού τύπου δεδομένα είναι προτιμώτερα στη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών, διότι τα πολύγωνα (ψηφιοποίηση) τα οποία σχηματίζονται από τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος που σχετίζονται με αυτές, προσδιορίζουν γεωγραφικά δεδομένα κατάλληλα για τη διαχείριση των πυρκαγιών.

Παρόλα αυτά, τα διανυσματικά δεδομένα μειονεκτούν σε σχέση με τα δεδομένα σε μορφή πλέγματος εξαιτίας των δυσκολιών που παρουσιάζουν κατά τη διαδικασία της προσομοίωσης και μοντελοποίησης ιδιαίτερα εκείνων των δεδομένων που συνθέτονται από πολλά επίπεδα πληροφορίας. Επίσης, η δυσκολία απεικόνισης λεπτομερειακών ποσοτικών δεδομένων, όπως π.χ. αυτό συμβαίνει στην τοπογραφία, είναι ένα εξίσου σημαντικό μειονέκτημα.

Συμπερασματικά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρουσιάζουν γενικά οι δύο αυτοί τύποι δεδομένων, ισχύουν και στην περίπτωση εφαρμογών στις δασικές πυρκαγιές. Η επιλογή ενός εκ των δύο καθορίζεται κάθε φορά από το είδος της ανάλυσης που θα εφαρμοσθεί.

Συνδυασμός της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών(G.I.S)

Η Τηλεπισκόπηση, ορίζεται ως η διαδικασία κατά την οποία μπορούμε να αποκτήσουμε πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες ενός φαινομένου, όπως είναι η δασικές πυρκαγιές μέσω μιας καταγραφικής συσκευής, η οποία δε βρίσκεται σε φυσική και άμεση επαφή με αυτές. Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών παρ' ότι στην αρχή αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα από την Τηλεπισκόπηση, σήμερα θεωρούνται ότι είναι πολύ στενά συνδεδεμένα σε επιστημονικό πεδίο με αυτή τη διαδικασία.

Οι σημαντικότεροι λόγοι που υποστηρίζουν αυτή τη σχέση, είναι οι εξής:

- Η μορφή των δεδομένων τηλεπισκόπησης είναι συμβατή με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Η τηλεπισκόπηση δίνει δεδομένα πληροφοριών πραγματικού χρόνου και με χαμηλό κόστος. Αυτό εξυπηρετεί την ενημέρωση της βάσης των δεδομένων των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών.
- Πολλά δεδομένα των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (π.χ. τα τοπογραφικά) χρησιμοποιούνται ως βοηθητικά για τη βελτίωση της ψηφιακής ταξινόμησης των δορυφορικών δεδομένων.
- Η Τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών χρησιμοποιούν παρόμοια όργανα για την επεξεργασία των δεδομένων και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Στην πράξη βεβαίως υπάρχουν τεχνικά προβλήματα τα οποία επηρεάζουν την αποτελεσματική εισαγωγή και χρήση των δορυφορικών δεδομένων στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Αυτά είναι:

- Ο συνδυασμός των δορυφορικών δεδομένων (τα οποία είναι σε μορφή πλέγματος), με Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών τα οποία αποθηκεύουν δεδομένα σε διανυσματική μορφή, είναι αρκετά δύσκολος. Αν και υπάρχουν Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, τα οποία μετατρέπουν τις δυο μορφές δεδομένων (από πλέγμα σε διάνυσμα και αντίστροφα), παρόλα αυτά η μετατροπή της, έως πρόσφατα, χαμηλής διακριτικής ικανότητας των δορυφορικών δεδομένων (π.χ. Landsat) σε διανυσματική μορφή, συνοδεύεται με τη δημιουργία διαφόρων σφαλμάτων.
- Η γεωγραφική και γεωμετρική ακρίβεια των δορυφορικών δεδομένων είναι στις περισσότερες περιπτώσεις διαφορετική από τα δεδομένα τα οποία συλλέγησαν από τις αεροφωτογραφίες ή με επίγειες παρατηρήσεις. Επομένως, ο συνδυασμός αυτών δημιουργεί τυχαία σφάλματα εξαιτίας της μη ακριβούς σύγκλισης των αντίστοιχων στοιχείων π.χ. όρια πολυγώνων.

- Ορισμένες κατηγορίες ταξινόμησης στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών ίσως δεν αντιστοιχούν σε αυτές που αναγνωρίζονται από δορυφορικά συστήματα (λόγω διαφορετικής χρονολογίας λήψης των δεδομένων)

Για την ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο, ο ολοκληρωμένος συνδυασμός της Τηλεπισκόπησης με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών απαιτεί, εκτός από την αξιολογηθείσα εκπαίδευση του προσωπικού, ένα αρκετά ισχυρό ηλεκτρονικό σύστημα (υπολογιστής και περιφερειακά) με δυνατότητα επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων καθώς και παρουσίασης των αποτελεσμάτων της ανάλυσης σε επιθυμητή μορφή. Ίσως όμως, το πιο σημαντικό όλων είναι ότι, όπως όλα τα συστήματα των νέων και αναπτυσσόμενων τεχνολογιών, η ανάπτυξη, σε επιχειρησιακό επίπεδο του συνδυασμού Τηλεπισκόπηση/Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών απαιτεί σοβαρές διοικητικές αποφάσεις, οι οποίες προϋποθέτουν την πλήρη ενημέρωση και αποδοχή εκ μέρους των υπευθύνων, της νέας αυτής τεχνολογίας.

Στο εμπόριο κυκλοφορούν λογισμικά ΓΣΠ, όπως το Arc View, το οποίο είναι ένα Desktop G.i.S πακέτο για την εισαγωγή στοιχείων και επεξεργασία ψηφιακών χαρτών, πινάκων και διαγραμμάτων. Το γραφικό περιβάλλον του παρέχει ένα σετ από εργαλεία για την εύκολη διαχείριση αυτών των δεδομένων, τον ορισμό σχέσεων μεταξύ πινάκων και χαρτών και την παραπέρα επεξεργασία με βάση αυτές τις σχέσεις. Η σύνδεση μεταξύ πινάκων και χαρτών είναι δυναμική, δηλαδή κάθε αλλαγή στη βάση δεδομένων επιφέρει τις ανάλογες αλλαγές στον χάρτη και αντίστροφα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

1. Μερτίκας, Σ. Π. Τηλεπισκόπηση και Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας, Εκδοτικός Όικος ΙΩΝ 1999.
2. Μηλιαρέσης Γεώργιος, Φωτοερμηνεία Τηλεπισκόπηση, Εκδοτικός Όικος ΙΩΝ 2003.
3. Ρωμανίδης, Ανδρέας, Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων, Εκδοτικός Όικος ΖΗΤΗ 2006.
4. Κανελλόπουλος Ιωάννης, Διάδοση Ηλεκτρομαγνητικών Κυμάτων σε Γήινο Περιβάλλον, Εκδοτικός Όικος ΤΖΙΟΛΑΣ 2003.
5. Αστάρας Θεόδωρος, Ψηφιακή Χαρτογραφία και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Σημειώσεις Πανεπιστημίου Αιγαίου, 2007.

Internet

6. <http://www.geo.auth.gr/656/periexomena.html>
7. <http://www.iacm.forth.gr/regional/publications-gr.html>
8. <http://www.atrs.rl.ac.uk/documentation/docs/userguide/index.shtml>,
9. http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php, Fundamentals of Remote Sensing pdf
10. http://rst.gsfc.nasa.gov/Intro/Part2_20.html
11. <http://www.tec.army.mil/operations/programs/tio/avhrr.htm>
12. http://edcsns17.cr.usgs.gov/1KM/avhrr_sensor.html
13. <http://www.sat.dundee.ac.uk/avhrr.html>
14. <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/education.html>
15. http://ceos.cnes.fr:8100/cdrom-00b/ceos1/satellit/landsat7/desc_sat.htm
16. http://www.spot.com/html/SICORP/_401_444_.php
17. <http://www.physics4u.gr/faq/xrayinteraction.html>
18. <http://www.gistech.gr/tilepiskopisi.html>