
3^η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ

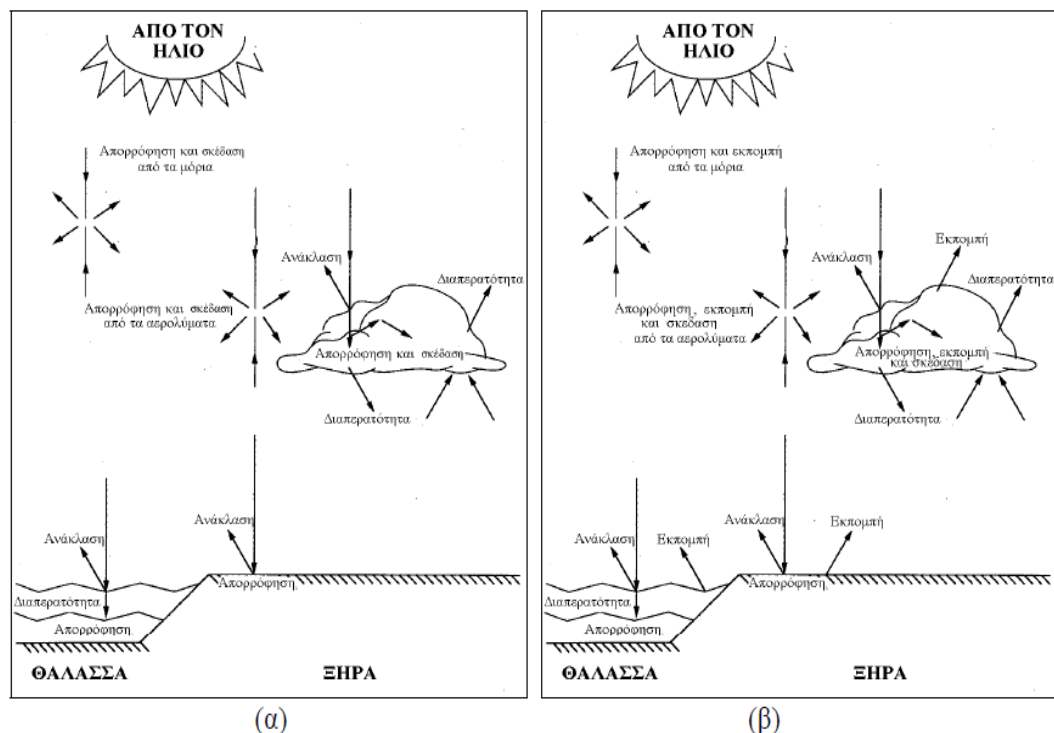
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

1. Βασικές έννοιες της τηλεπισκόπησης

Ο όρος τηλεπισκόπηση ή τηλεανίχνευση (remote sensing) χρησιμοποιείται για την περιγραφή της διαδικασίας λήψης πληροφοριών για ένα αντικείμενο, μια περιοχή ή φαινόμενο, με τη χρήση ανιχνευτικών συσκευών που δε βρίσκονται σε επαφή με το αντικείμενο παρατήρησης. Η δορυφορική τηλεπισκόπηση (satellite remote sensing) αναφέρεται στην καταγραφή δεδομένων από ανιχνευτές οι οποίοι φέρονται από δορυφόρους. Οι αισθητήρες των δορυφορικών συστημάτων ανιχνεύουν και καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είτε ανακλάται ή εκπέμπεται από κάποια επιφάνεια σε διάφορες φασματικές περιοχές. Η ακτινοβολία που καταγράφουν οι δορυφορικοί αισθητήρες έχει διαμορφωθεί από την αλληλεπίδραση της με την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα της γης και συνεπώς μεταφέρει πληροφορίες για τις χημικές και φυσικές ιδιότητες της επιφάνειας και της ατμόσφαιρας. Επιπρόσθετα η ακτινοβολία, που καταγράφουν οι δορυφορικοί αισθητήρες, έχει υποστεί αρκετές επιδράσεις (ανάκλαση, σκέδαση και απορρόφηση) κατά τη διαδρομή της μέσα από το σύστημα γης – ατμόσφαιρας. Γενικά, η επίδραση της ύλης στην ακτινοβολία εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Οι σημαντικότεροι αυτών, όπως η φυσική κατάσταση της ύλης (στερεά, υγρή ή αέρια) και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας καθορίζουν την ένταση και το είδος της επίδρασης (Εικόνα 1.1).

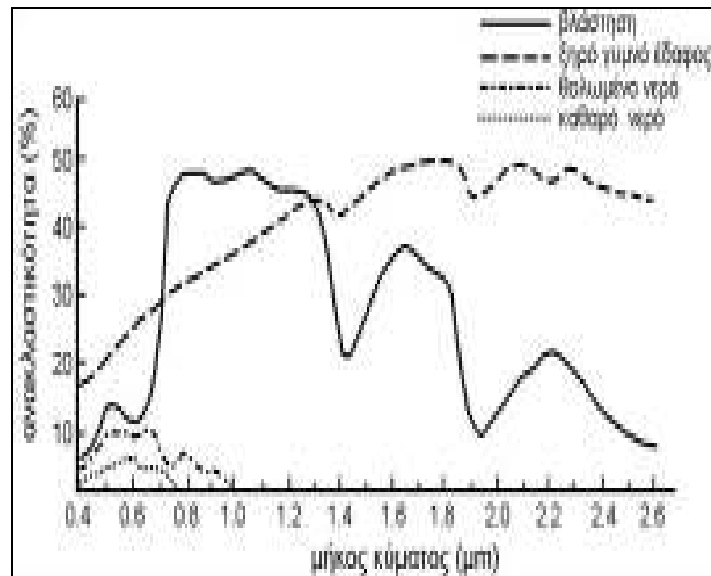
Χρησιμοποιώντας την τεχνική της τηλεπισκόπησης και ειδικότερα προσομοιώνοντας τη διάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα, είναι δυνατός ο εντοπισμός και η μελέτη από απόσταση διαφορετικών χημικών ενώσεων (ή υλικών), καθώς κάθε χημική ένωση (ή υλικό) παρουσιάζει ξεχωριστή κατανομή της ανακλώμενης, εκπεμπόμενης ή απορροφούμενης ακτινοβολίας σε συνάρτηση με το μήκος κύματος λ.



Εικ
όνα 1.1. Οι πιο σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ακτινοβολίας και της επιφάνειας της γης, της ατμόσφαιρας και των νεφών: (α) στο ορατό φάσμα και (β) στο ορατό και υπέρυθρο φάσμα (Καρτάλης και Φεΐδας, 2012).

Η μελέτη της φασματικής αυτής απόκρισης δίνει τη δυνατότητα για διάκριση μιας χημικής ένωσης (ή ενός υλικού) από κάποιο άλλο και για αξιολόγηση της καταγραφόμενης πληροφορίας σχετικά με το μέγεθος, τη συγκέντρωση (λ.χ. αν αφορά αέριες χημικές ενώσεις), τις φυσικές ή χημικές ιδιότητες του. Η μορφή της καμπύλης της φασματικής απόκρισης ενός αντικειμένου σε σχέση με το μήκος κύματος λ ονομάζεται φασματική ταυτότητα ή φασματική υπογραφή (spectral signature) του αντικειμένου και είναι μοναδική για κάθε χημική ένωση ή υλικό. Η Εικόνα 1.2 παρουσιάζει τις φασματικές υπογραφές τριών βασικών επιφανειών όπως αυτές συναρτώνται με την ανακλαστικότητα.

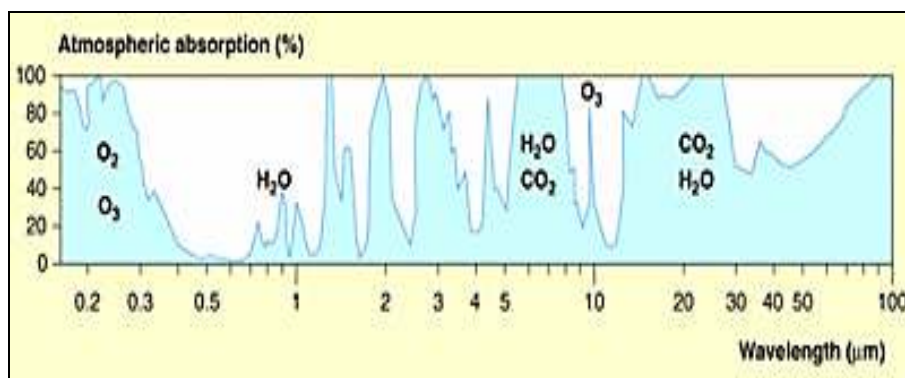
Όπως διαπιστώνεται από την Εικόνα 1.2, το ίδιο υλικό εμφανίζει διαφορετική τιμή ανακλαστικότητας ως συνάρτηση του μήκους κύματος. Για παράδειγμα, η ανακλαστικότητα της βλάστησης είναι περίπου 48% στα 0.8 μm αλλά μόλις 10% στο 1.9 μm . Αντίστοιχες διακυμάνσεις ως προς το μήκος κύματος, διαπιστώνονται και για παραμέτρους όπως η διαπερατότητα, ο συντελεστής απορρόφησης και ο συντελεστής θερμικής εκπομπής.



Εικόνα 1.2. Φασματικές υπογραφές των βασικών επιφανειών (Καρτάλης και Φεΐδας, 2012).

2. Ζώνες απορρόφησης - ατμοσφαιρικά παράθυρα

Οι αέριες χημικές ενώσεις στην ατμόσφαιρα απορροφούν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε συγκεκριμένες περιοχές του φάσματος που ονομάζονται **ζώνες απορρόφησης**. Οι κύριοι απορροφητές είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το οξυγόνο (O_2), οι υδρατμοί (H_2O) και το όζον (O_3). Η ηλιακή ακτινοβολία υφίσταται μια μικρή απορρόφηση στο υπεριώδες από το οξυγόνο και το όζον, και στο υπέρυθρο (εγγύς, μέσο και θερμικό) από τους υδρατμούς, το όζον και το διοξείδιο του άνθρακα. Στην Εικόνα 2.1 αποτυπώνεται η διακύμανση του ποσοστού απορρόφησης της ακτινοβολίας κατά τη διαδρομή της διά μέσω της ατμόσφαιρας, ανάλογα με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Όπως διαπιστώνεται υπάρχουν περιοχές του φάσματος στις οποίες η απορρόφηση αγγίζει το 100%, ενώ σε άλλες φασματικές περιοχές (λ.χ. $0.5 \mu\text{m}$ ή $1.8 \mu\text{m}$) η απορρόφηση είναι περίπου μηδενική και η ατμόσφαιρα σχεδόν διαφανής.



Εικόνα 2.1. Απορρόφηση της ακτινοβολίας από τα συστατικά της ατμόσφαιρας. Πηγή: <http://www.esa.int>

Οι περιοχές του φάσματος που εμφανίζουν μικρή ατμοσφαιρική απορρόφηση ονομάζονται ατμοσφαιρικά παράθυρα.

3. Συστήματα τηλεπισκόπησης

Τα βασικά συστήματα τηλεπισκόπησης είναι δύο (Καρτάλης και Φεΐδας, 2012):

1. **Τα παθητικά συστήματα** καταγραφής και ανίχνευσης/ραδιόμετρα (sensors) καταγράφουν ακτινοβολία η οποία είτε εκπέμπεται από τον παρατηρούμενο στόχο λόγω της θερμοκρασίας του (θερμικό υπέρυθρο) είτε ανακλάται πάνω στην επιφάνειά του (ηλιακή ακτινοβολία). Τα συστήματα αυτά ανιχνεύουν το τμήμα του φάσματος που εκτείνεται από την περιοχή των πολύ μικρών κυμάτων της υπεριώδους ακτινοβολίας ($\lambda < 0,4 \mu\text{m}$) ως και την περιοχή του απώτερου υπέρυθρου ($0,38 \mu\text{m} < \lambda < 1000 \mu\text{m}$). Ανάλογα με την εφαρμογή επιλέγεται και η αντίστοιχη φασματική περιοχή. Υπάρχουν διαθέσιμοι αισθητήρες για όλο το φάσμα, αλλά δεν χρησιμοποιούνται όλοι στη δορυφορική τηλεπισκόπηση, λόγω της ατμοσφαιρικής απορρόφησης που συμβαίνει σε κάποιες περιοχές. Η περιοχή φάσματος που αξιοποιείται είναι στα μήκη κύματος από $0,4 \mu\text{m}$ ως $12 \mu\text{m}$ (ορατό ως θερμικό υπέρυθρο).
2. **Τα ενεργητικά συστήματα** χρησιμοποιούν τη δική τους πηγή ακτινοβολίας την οποία κατευθύνουν προς το στόχο, αυτή στη συνέχεια ανακλάται σ' αυτόν, επιστρέφει και καταγράφεται από το σύστημα. Το επιστρεφόμενο σήμα, όμως, έχει υποστεί αλλοίωση που εξαρτάται μεταξύ άλλων από τις ιδιότητες της επιφάνειας. Κατ' αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται η αναγνώριση και μελέτη σωμάτων και φαινομένων στην επιφάνεια της γης αλλά και στην ατμόσφαιρα. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των ενεργητικών συστημάτων είναι η επιχειρησιακή τους δυνατότητα να χρησιμοποιούνται ημέρα και νύχτα κάτω απ' όλες σχεδόν τις καιρικές συνθήκες.

Βασικό χαρακτηριστικό των δορυφορικών αισθητήρων αποτελεί η διακριτική ικανότητα (resolution). Αυτή διακρίνεται σε (Καρτάλης και Φεΐδας, 2012):

- ***Χωρική διακριτική ικανότητα (spatial resolution)***. Είναι η ικανότητα του ανιχνευτή να διακρίνει πολύ κοντινά αντικείμενα ή πληροφορίες στην εικόνα. Ποσοτικά ισούται με τη μικρότερη απόσταση που μπορούν να έχουν δύο αντικείμενα ώστε να διαχωρίζονται. Οι τιμές της χωρικής διακριτικής ικανότητας αναφέρονται πάντα στο ίχνος του δορυφόρου στην επιφάνεια της γης. Σε εφαρμογές στο αστικό περιβάλλον είναι αναγκαίο η χωρική διακριτική ικανότητα (στο ορατό φάσμα) να κυμαίνεται μεταξύ 1 και 100 μέτρων. Αντίθετα σε μετεωρολογικές εφαρμογές (λ.χ. παρακολούθηση συστημάτων καιρού), χωρική διακριτική ικανότητα της τάξης των 2.5 χιλιομέτρων θεωρείται ικανοποιητική.

Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζεται το πολεοδομικό συγκρότημα της Αθήνας με χωρική διακριτική ικανότητα των 30 μέτρων, ενώ στην Εικόνα 3.2 αποτυπώνεται περιοχή της Αθήνας (ΟΑΚΑ) σε χωρική διακριτική ικανότητα του ενός μέτρου. Η διαφορά στην ευκρίνεια είναι προφανής. Επισημαίνεται ότι η επιλογή της επιθυμητής χωρικής διακριτικής ικανότητας εξαρτάται από την εφαρμογή. Αν για παράδειγμα η εφαρμογή είναι ο εντοπισμός των αλλαγών στις χρήσεις γης σε ένα αστικό περιβάλλον, τότε απαιτείται υψηλή χωρική διακριτική ικανότητα (1-30 μέτρα). Αν αντίθετα η εφαρμογή αφορά στην παρακολούθηση ενός χαμηλού βαρομετρικού, τότε η επιλογή εικόνων με υψηλή χωρική διακριτική ικανότητα είναι περιττή καθώς δεν

προσφέρει ουσιαστική πληροφορία σε σχέση με τις διαστάσεις ενός χαμηλού βαρομετρικού. Στην περίπτωση αυτή αρκεί, όπως προαναφέρεται, χωρική διακριτική ικανότητα της τάξης των 2.5 χιλιομέτρων.



Εικόνα 3.1. Δορυφορική εικόνα του πολεοδομικού συγκροτήματος της Αθήνας με χωρική διακριτική ικανότητα 30 μέτρα.



Εικόνα 3.2. Δορυφορική εικόνα για την περιοχή του Ολυμπιακού Αθλητικού Κέντρου Αμαρουσίου με χωρική διακριτική ικανότητα ένα μέτρο.

- **Χρονική διακριτική ικανότητα (temporal resolution).** Σχετίζεται με τη συχνότητα λήψης δεδομένων για την ίδια γεωγραφική περιοχή. Η χρονική διακριτική ικανότητα εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της τροχιάς του δορυφόρου και κυμαίνεται από λίγα λεπτά για τους γεωστάσιμους δορυφόρους (δορυφόροι που κινούνται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα με αυτή της Γης και παρακολουθούν πάντα την ίδια

γεωγραφική ζώνη) μέχρι μερικές εβδομάδες για τους δορυφόρους πολικής τροχιάς (δορυφόροι που κινούνται από πόλο σε πόλο και έτσι καλύπτουν το σύνολο της επιφάνειας της Γης μετά από συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων).

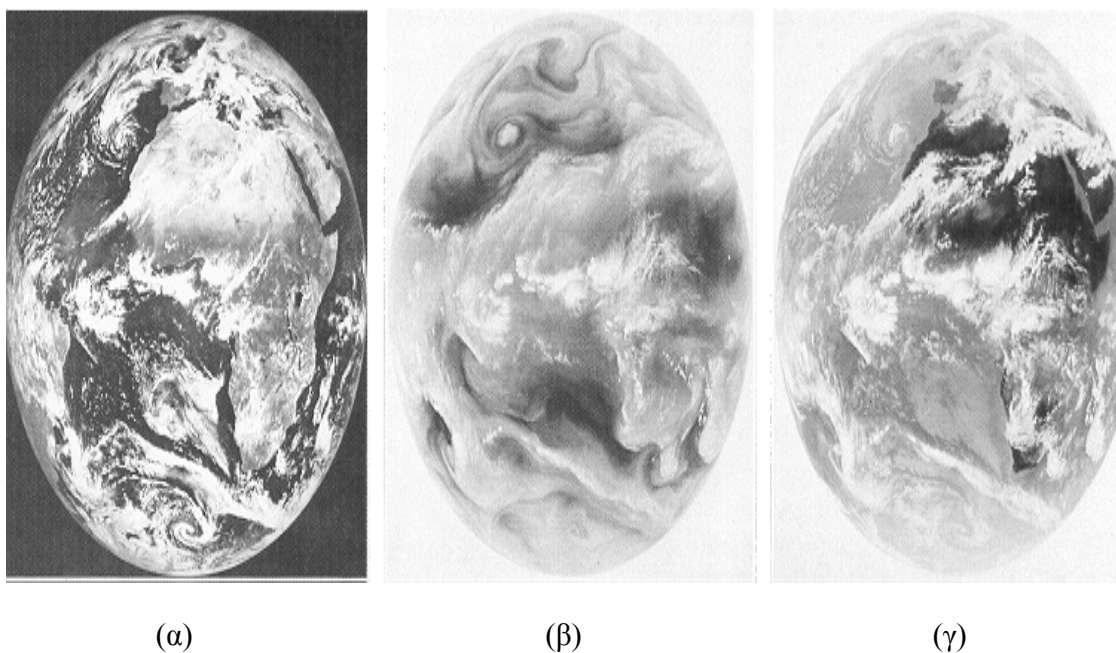
- **Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα (radiometric resolution).** Ορίζεται ως η ευαισθησία του ανιχνευτή να καταγράφει διαφορές στην ισχύ του σήματος δηλαδή διαφορές στην ένταση της ανακλώμενης ή εκπεμπόμενης από την επιφάνεια της γης ακτινοβολίας. Η ραδιομετρική διακριτική ικανότητα είναι σημαντική καθώς η πραγματική πληροφορία που περιέχεται στα δορυφορικά δεδομένα καθορίζεται από τις ραδιομετρικές τιμές που καταγράφει ο αισθητήρας.
- **Φασματική διακριτική ικανότητα (spectral resolution).** Σχετίζεται με το εύρος των περιοχών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στις οποίες πραγματοποιεί καταγραφές ένας πολυφασματικός ανιχνευτής (δηλαδή ένας ανιχνευτής που καταγράφει την ακτινοβολία σε διαφορετικές περιοχές του φάσματος) και με τον αριθμό των καναλιών που χρησιμοποιούνται. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα φασματικά κανάλια του ραδιόμετρου AVHRR/3 του δορυφόρου NOAA. Όπως διαπιστώνεται, κάθε φασματικό κανάλι αντιστοιχεί σε διαφορετικό εύρος ως προς τα μήκη κύματος αλλά και έχει διαφορετική χρησιμότητα. Ανάλογα με την εφαρμογή (λ.χ. αν αφορά στα νέφη ή στη θερμική χαρτογράφηση), επιλέγεται το αντίστοιχο φασματικό κανάλι.

Στην Εικόνα 3.3, παρουσιάζεται ο γήινος δίσκος όπως καταγράφεται την ίδια ακριβώς χρονική στιγμή από το δορυφόρο METEOSAT, σε τρεις διαφορετικές φασματικές περιοχές: στο κανάλι του ορατού (αριστερή εικόνα), στο κανάλι των υδρατμών (μεσαία εικόνα) και στο κανάλι του θερμικού υπέρυθρου (δεξιά εικόνα). Είναι φανερό ότι ανάλογα με το φασματικό κανάλι διαφοροποιείται η εικόνα τόσο ως προς τα χαρακτηριστικά που αποτυπώνονται όσο και από τους τόνους του γκρι που εμφανίζονται. Οι διαφοροποιήσεις αυτές ουσιαστικά οφείλονται στη φασματική υπογραφή των στοιχείων που συνθέτουν τις εικόνες, δηλαδή στη διαφορετική απόκριση των στοιχείων στην ακτινοβολία ανάλογα με το μήκος κύματος.

Στην εικόνα που αντιστοιχεί στο κανάλι του ορατού, τα νέφη ή οι χερσαίες/θαλάσσιες επιφάνειες εμφανίζονται με γκρι προς λευκές αποχρώσεις, όσο δε περισσότερο λευκή είναι η απόχρωση τόσο μεγαλύτερη η λευκαύγεια (albedo) του νέφους ή της επιφάνειας (και το αντίστροφο, όσο δηλαδή περισσότερο έντονη η απόχρωση του γκρι τόσο μικρότερη η λευκαύγεια). Ιδιαίτερα λευκά εμφανίζονται τα νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης καθώς είναι πυκνά και παχιά και περικλείουν σημαντικές ποσότητες υδροσταγονιδίων. Η διαφοροποίηση των τόνων του γκρι στην Αφρική υποδηλώνει διαφορετικά υλικά, άρα και διαφορετικές λευκαύγειες στην επιφάνεια (βλ. τη διαφορά μεταξύ της ερήμου της Σαχάρας και της υποσαχάριας Αφρικής που διαθέτει πλούσια βλάστηση). Στην ίδια εικόνα είναι φανερά έντονες ατμοσφαιρικές διαταραχές (υφέσεις) δυτικά της Ισπανίας στον Ατλαντικό και μεταξύ της νότιας Αφρικής και της Ανταρκτικής. Λαμβάνοντας υπόψη ότι εικόνες σαν και αυτή λαμβάνονται έως και ανά πέντε λεπτά, είναι προφανές ότι είναι εφικτή η επιχειρησιακή παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και ειδικότερα της διεύθυνσης, της ταχύτητας και της έντασης μετεωρολογικών φαινομένων.

Πίνακας 1. Φασματικά κανάλια του ραδιόμετρου AVHRR/3.

Αριθμός καναλιού	Φασματικό εύρος και χρησιμότητα
Κανάλι 1	0,58 - 0,68 μm (ορατό) Χρήσιμο για τη διάκριση των νεφών και τη χαρτογράφηση του εδάφους (χρήσεις γης) κατά τη διάρκεια της ημέρας.
Κανάλι 2	0,725 - 1,10 μm (εγγύς υπέρυθρο) Χρήσιμο για την αναγνώριση των ορίων μεταξύ εδάφους και νερού.
Κανάλι 3A	1,58 - 1,64 μm (εγγύς υπέρυθρο) Χρησιμοποιείται για τη διάκριση χιονιού και πάγου. Χρήσιμο και για την ανίχνευση δασικών πυρκαγιών.
Κανάλι 3B	3,55 - 3,93 μm (θερμικό υπέρυθρο) Χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των νεφών τη νύχτα αλλά και για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας της επιφάνειας.
Κανάλι 4	10,3 - 11,3 μm (θερμικό υπέρυθρο) Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό γεωθερμικών δραστηριοτήτων και για τη θερμική χαρτογράφηση της επιφάνειας.
Κανάλι 5	11,5 - 12,5 μm (θερμικό υπέρυθρο) Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό γεωθερμικών δραστηριοτήτων και για τη θερμική χαρτογράφηση της επιφάνειας.



Εικόνα 3.3. Αποτύπωση του γήινου δίσκου από το δορυφόρο METEOSAT (α) κανάλι ορατού (β) κανάλι των υδρατμών και (γ) κανάλι θερμικού υπέρυθρου.

Στην εικόνα που αντιστοιχεί στο κανάλι των υδρατμών (περίπου στα 6.3 μm), η διακύμανση των τόνων του γκρι από σκούρο έως λευκό υποδηλώνει περιοχές με σχεδόν μηδενική έως και ιδιαίτερα υψηλή περιεκτικότητα σε υδρατμούς αντίστοιχα. Οι περιοχές στις οποίες εντοπίστηκαν υφέσεις στο κανάλι του ορατού εμφανίζονται ιδιαίτερα λευκές στο κανάλι των υδρατμών, γεγονός που υποδηλώνει σημαντική περιεκτικότητα σε υδρατμούς όπως άλλωστε προβλέπεται και από τη θεωρία. Ενδιαφέρον έχει η περιοχή δυτικά της νότιας Αφρικής. Στην περιοχή αυτή παρατηρείται σημαντική νέφωση στο κανάλι του ορατού αλλά σκούρα απόχρωση (δηλ. σχεδόν μηδενική περιεκτικότητα σε υδρατμούς) στο κανάλι των υδρατμών. Το «παράδοξο» αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι στο κανάλι των υδρατμών καταγράφεται η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς μεταξύ των επιπέδων πίεσης 700 και 300 hPa. Κατά συνέπεια υδρατμοί που βρίσκονται σε ύψη κάτω του επιπέδου των 700 hPa δεν καταγράφονται.

Τέλος στην εικόνα στο κανάλι του θερμικού υπέρυθρου καταγράφεται η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης, τα νέφη (ουσιαστικά τις κορυφές των νεφών) και αέριες χημικές ενώσεις που αποτελούν συστατικά της ατμόσφαιρας. Σε ότι αφορά στα νέφη, η παραδοχή είναι ότι όσα πιο λευκά εμφανίζονται στην εικόνα τόσο πιο ψυχρά είναι και άρα και σε τόσο μεγαλύτερα ύψη. Έχει ενδιαφέρον να εξεταστεί η περιοχή δυτικά της νότιας Αφρικής, η ίδια δηλαδή περιοχή στην οποία διαπιστώθηκε σχεδόν μηδενική περιεκτικότητα σε υδρατμούς. Όπως φαίνεται στην εικόνα στο κανάλι του υπέρυθρου, τα νέφη εμφανίζονται γκριζα και κατά συνέπεια βρίσκονται σε χαμηλά ύψη, γεγονός που δικαιολογεί τη σκουρόχρωμη απόχρωση που εμφανίζουν στην εικόνα στο

κανάλι των υδρατμών. Οι σκουρόχρωμες αποχρώσεις στην Αφρική (στις περιοχές που δεν υπάρχουν νέφη) αντιστοιχούν σε υψηλές θερμοκρασίες επιφανείας.

4. Διορθώσεις της καταγραφόμενης ακτινοβολίας

Η ένταση της ακτινοβολίας που καταγράφεται από ένα δεδομένο σύστημα πάνω από μια επιφάνεια καθορίζεται από την ακτινοβολία που ανακλά ή εκπέμπει, αλλά επηρεάζεται και από άλλους παράγοντες όπως οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, η οπτική γεωμετρία και τα χαρακτηριστικά απόκρισης του αισθητήρα. Καθώς οι παραπάνω αιτίες μεταβολής της έντασης της ακτινοβολίας δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν άμεσα, γίνονται έμμεσες διορθώσεις, οι οποίες βασίζονται σε υποθέσεις και μοντέλα.

Ο τύπος της διόρθωσης που εφαρμόζεται σε μια σειρά δορυφορικών δεδομένων, για την απομάκρυνση όλων ή κάποιων από τις επιδράσεις που αναφέρθηκαν, ποικίλει ανάλογα με τον αισθητήρα και τη συγκεκριμένη εφαρμογή των δεδομένων. Αναλυτικά οι διορθώσεις που γίνονται είναι (Bader et al., 1995; Καρτάλης και Φείδας, 2012):

- **Ραδιομετρική:** σε αυτή τη διαδικασία διορθώνονται σφάλματα στην απόκριση του ανιχνευτή ή ο ηλεκτρονικός θόρυβος, καθώς και σφάλματα λόγω ατμοσφαιρικής απορρόφησης και σκέδασης της διαδιδόμενης ακτινοβολίας. Πιο συγκεκριμένα, οι παράμετροι βαθμονόμησης των αισθητήρων των δορυφόρων μπορεί να αλλάζουν με το χρόνο.
- **Γεωμετρική:** η γεωμετρία της εικόνας (όπως αυτή συντίθεται από επιμέρους δορυφορικές μετρήσεις) επηρεάζεται από την περιστροφή της γης, την καμπυλότητα της γης, τις μεταβολές του υψομέτρου της επιφάνειας της γης, την αστάθεια της τροχιάς του δορυφόρου, την αστάθεια των καταγραφικών μηχανημάτων και τις αβεβαιότητες του προβολικού συστήματος του ανιχνευτή. Η διόρθωση γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο της γεωμετρικής διόρθωσης (geometric restoration) διορθώνονται τα συστηματικά σφάλματα που οφείλονται στην περιστροφή της γης, στις αστάθειες του δορυφόρου και των οργάνων του, πχ. γωνία παρατήρησης, κλπ. Στο δεύτερο στάδιο της γεωμετρικής ανόρθωσης (image rectification) η εικόνα μεταφέρεται σε επιλεγμένη χαρτογραφική προβολή, δηλαδή τα εικονοστοιχεία της συνδέονται με τις χαρτογραφικές συντεταγμένες και διορθώνεται για τις μεταβολές του εδάφους.
- **Ατμοσφαιρική:** οι τιμές της ακτινοβολίας που καταγράφει ο αισθητήρας επηρεάζονται από τη σκέδαση και την απορρόφηση της ατμόσφαιρας. Είναι γνωστό ότι η ορατή ακτινοβολία (0.4-0.7μm) σκεδάζεται έντονα από την ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι κατώτερες τιμές στα κανάλια του ορατού. Η ατμόσφαιρα, δηλαδή, προσθέτει σκέδαση, την ονομαζόμενη **ακτινοβολία διαδρομής (path radiance)**, στο σήμα που καταγράφει ο αισθητήρας. Η ακτινοβολία διαδρομής εισάγει τη 'θολότητα' στην εικόνα και ελαττώνει την αντίθεσή της. Η διόρθωση της ατμοσφαιρικής σκέδασης στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της επίδρασης της ακτινοβολίας διαδρομής. Είναι γνωστό επίσης ότι η ατμοσφαιρική απορρόφηση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ποσό των υδρατμών. Άρα, η διόρθωση της ατμοσφαιρικής απορρόφησης βασίζεται στην εκτίμηση της ποσότητας και της κατανομής των υδρατμών, η οποία επιτυγχάνεται από ειδικά μοντέλα με βάση τις μετρήσεις του υετίσιμου νερού στην περιοχή της δορυφορικής παρατήρησης.

- **Διόρθωση ως προς το ύψος του ήλιου και ως προς την απόσταση Γης-Ήλιου:** Η διόρθωση ως προς το ύψος του ήλιου ερμηνεύει την εποχιακή θέση του ήλιου ως προς τη Γη. Η διόρθωση της απόστασης Γης-Ήλιου εφαρμόζεται για την κανονικοποίηση των εποχιακών αλλαγών στην απόσταση Γης-Ήλιου. Η απόσταση αυτή εκφράζεται σε αστρονομικές μονάδες.

Αναφορές

1. Καρτάλης Κ. και Φείδας Χ., Αρχές και εφαρμογές δορυφορικής τηλεπισκόπησης, Εκδόσεις Τζιόλας, σελ. 610, 2012.
2. Bader M.J., Forbes, G.S., Grant, J.R., Lilley, R.B.E. and Waters, A.J., Images in weather prediction – A practical guide for interpreting satellite and radar imagery, Cambridge University Press, 1995.
3. <http://www.esa.int>
4. <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html>
5. <http://www.eumetsat.int/website/home/Images/RealTimeImages/index.html>
6. <http://oiswww.eumetsat.org/IPPS/html/MSG/>

Εργαστήριο Κατεύθυνσης Φυσικής Περιβάλλοντος - Γραπτή Εργασία Άσκησης 3

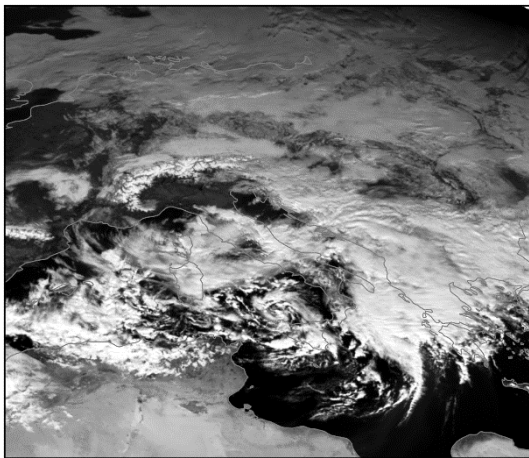
Θέμα Α

Παρατίθενται τρεις δορυφορικές παρατηρήσεις από τον δορυφόρο Meteosat Second Generation (MSG) στο κανάλι του ορατού (VIS0.6), του θερμικού υπέρυθρου (IR10.8), και των υδρατμών (WV6.2) για τις 18 Ιανουαρίου 2017 την ίδια χρονική στιγμή (12:00 UTC).

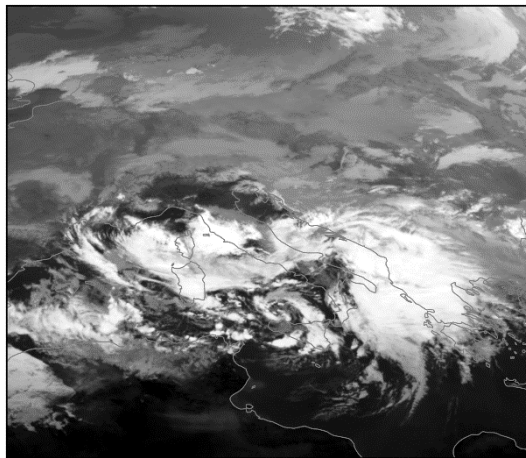
Σε ποιες περιοχές των εικόνων εντοπίζονται χαμηλά νέφη, μεσαία νέφη, υψηλά νέφη, νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης, χιόνι, γυμνό έδαφος, έδαφος καλυμμένο από βλάστηση, αεροχείμαρρος;

Τεκμηριώστε την απάντησή σας.

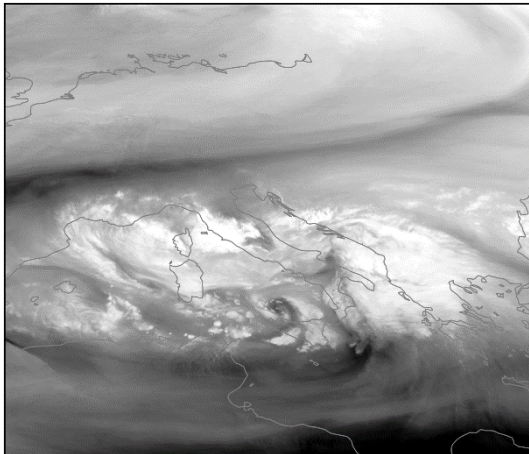
VIS0.6



IR10.8



WV6.2



Θέμα Β

Για τη μελέτη του Εθνικού Κήπου μέσω δορυφορικών παρατηρήσεων (κατάσταση βλάστησης, θερμοκρασία), τι τύπο δορυφόρου θα επιλέγατε; Ποια χωρική, χρονική, φασματική, και ραδιομετρική ικανότητα θα ήταν η κατάλληλη και γιατί;