



## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

### ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΣΠ

Διευθυντής: καθηγητής *I. N. Χατζόπουλος*



# Εισαγωγή στην Τοπογραφία & ΓΣΠ

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος

[ihatz@aegean.gr](mailto:ihatz@aegean.gr)

[http://www.env.aegean.gr/labs/Remote\\_sensing/Remote\\_sensing.htm](http://www.env.aegean.gr/labs/Remote_sensing/Remote_sensing.htm)



Διάλεξη-12  
Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

# Άδειες Χρήσης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



# Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση

- **Η θεωρία περιλαμβάνει:**

- Τηλεπισκόπηση, ορισμός. Εφαρμογές Τηλεπισκόπησης. Πλεονεκτήματα της τηλεπισκόπησης.
- Ανάλυση ψηφιακής εικόνας – Resolution.
- Αύξηση της ερμηνευτικότητας της ψηφιακής εικόνας.
- Ανασκόπηση έρευνας που εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ.
- Μέθοδοι τηλεπισκόπησης: Ερμηνεία εικόνας ή φωτοερμηνεία, Ταξινόμηση εικόνας, Παλινδρόμηση, άλγεβρα εικόνας, Έμπειρα συστήματα, άλλες μέθοδοι.
- Φασματικές υπογραφές, Δορυφορικά κανάλια, φασματικές ζώνες. Φασματικός χώρος.
- Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ΗΜΑ).
- Συστήματα σχηματισμού εικόνας.
- Γεωμετρική διόρθωση – γεωαναφορά.
- Ραδιομετρική διόρθωση – ενίσχυση εικόνας.
- Ταξινομήσεις, Παράδειγμα Ταξινόμησης.

- **Το εργαστήριο περιλαμβάνει:**

- Τηλεπισκόπηση

- **Λέξεις κλειδιά:**

- Τηλεπισκόπηση, ανάλυση, Resolution, φωτοερμηνεία, Ταξινόμηση, παλινδρόμηση, άλγεβρα εικόνας, έμπειρα συστήματα, φασματικές ζώνες. Φασματικός χώρος, ΗΜΑ, γεωαναφορά, ραδιομετρική διόρθωση, ενίσχυση.

# Εισαγωγή

## Η Τηλεπισκόπηση:

*Η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνολογία που χρησιμοποιεί εικόνες για να πάρει από αυτές αξιόπιστη ποιοτική πληροφορία.*

**ASPRS4<sup>η</sup> έκδοση 1980:** "Η τέχνη, η επιστήμη και η τεχνολογία που παίρνουμε αξιόπιστη πληροφορία για φυσικά αντικείμενα και το περιβάλλον μέσω μιας διαδικασίας που καταγράφει μετρά και ερμηνεύει εικόνες και πρότυπα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και άλλα φαινόμενα".

**ISPRS:** "Η τέχνη, επιστήμη και τεχνολογία για τη συλλογή αξιόπιστης πληροφορίας (χάρτες διαγράμματα) για φυσικά αντικείμενα (έδαφος, κτίρια, αρχαιολογικούς χώρους, φυσικά διαθέσιμα κ.λ.π.) με χρήση φωτογραφίας ή με άλλους δέκτες, ειδικότερα δε εκείνους που λειτουργούν από αεροπλάνα και διαστημόπλοια.

# Εφαρμογές Τηλεπισκόπησης

<b>Γεωργία Δασοπονία Κτηνοτροφία</b>	<b>Χρήσεις γης Τοπογραφία</b>	<b>Γεωλογία</b>	<b>Υδατικοί πόροι</b>	<b>Ωκεανογραφία Θαλάσσιοι Πόροι</b>	<b>Περιβάλλον</b>
Διαχωρισμός ειδών βλάστησης	Ταξινόμηση χρήσεων γης	Αναγνώριση ειδών πετρωμάτων	Προσδιορισμός ορίων νερού	Ανίχνευση ζώντων θαλάσσιων οργανισμών	Παρακολούθηση επιφανειακής εξόρυξης & κατοχύρωσης
Είδη καρπών Είδη ξυλείας Είδη βοσκής	Τοπογράφηση	Τοπογράφηση γεωλογικών μονάδων	Προσδιορισμός επιφάνειας και όγκου νερού	Προσδιορισμός προτύπων θολερότητας & κυκλοφορίας	Τοπογράφηση & Παρακολούθηση μόλυνσης υδάτων
Μέτρηση εκτάσεων ανά είδος καρπού	Αναθεώρηση χαρτών	Αναθεώρηση γεωλογικών χαρτών	Τοπογράφηση πλημμύρων και στάθμης νερού	Τοπογράφηση καναλιών ακτογραμμής	Ανίχνευση ατμοσφαιρικής ρύπανσης και επιπτώσεων

# Εφαρμογές Τηλεπισκόπησης – συνέχεια - 1

Μέτρηση εκτάσεων ανά είδος ξυλείας	Κατηγοριοποίηση ικανότητας γης	Απεικόνιση πετρωμάτων εδάφους	Προσδιορισμός έκτασης χιονιού & ορίων χιονιού	Τοπογράφηση ρηχών και αβαθών περιοχών	Προσδιορισμός επιρροής φυσικών καταστροφών
Προσδιορισμός κατάστασης βοσκοτόπων και βιομάζας	Διαχωρισμός οικιστικών και αγροτικών περιοχών	Τοπογράφηση πυριγενών Παρεισδύσεων	Μετρήσεις Χαρακτηριστικών παγετώνων	Τοπογράφηση πάγων για τη ναυτιλία	Παρακολούθηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων ανθρώπινης δραστηριότητας
Προσδιορισμός υγείας βλάστησης	Τοπογράφηση τοπικών εκτάσεων	Τοπογράφηση πρόσφατων ηφαιστειακών αποθέσεων	Μετρήσεις προτύπων ιζημάτων και θολερότητας	Μελέτη δυνών και κυμάτων	Ευτροφισμός υδάτων αποψίλωση δασών

# Εφαρμογές Τηλεπισκόπησης – συνέχεια - 2

Προσδιορισμός μαρασμού βλάστησης	Τοπογράφηση δικτύων μεταφορών	Τοπογράφηση εδαφικών σηματισμών	Προσδιορισμός βάθους νερού	Τοπογράφηση επιφανειακής θερμοκρασίας θάλασσας
Προσδιορισμός κατάστασης εδάφους	Τοπογράφηση ορίων ξηράς και υδατικών μαζών	Έρευνα επιφανειακών ευρημάτων για ορυκτά	Απεικόνιση αρδευόμενων περιοχών	
Προσδιορισμός σχέσεων εδάφους	Τοπογράφηση υποδιαίρέσεων γης	Προσδιορισμός τοπικών δομών	Απογραφή λιμνών	
Εκτίμηση χορτονομής και ζημιάς από πυρκαγιές δασών		Τοπογράφηση γραμμικών σηματισμών		



# Πλεονεκτήματα τηλεπισκόπησης

1. Ελαχιστοποίηση εργασιών υπαίθρου
2. Απόσπαση πληροφορίας χωρίς την άμεση επαφή με το αντικείμενο.
3. Ελεγχόμενη επιθυμητή ακρίβεια και άρα μεγάλη αξιοπιστία
4. Ομοιογένεια στον προσδιορισμό ή ερμηνεία μεγάλου αριθμού αντικειμένων
5. Επιδέχεται σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποίηση με κατάλληλο λογισμικό.
6. Μεγάλη ταχύτητα
7. Σχετικά ελάχιστο κόστος.
7. Δημιουργία μόνιμου αρχείου καταγραφής του περιβάλλοντος κατά τη στιγμή λήψης της εικόνας.

# Εικόνα

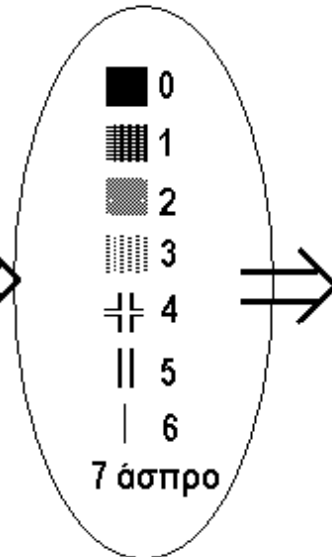
Παρουσίαση αντικειμένου σε δισδιάστατη επιφάνεια όπου σε κάθε θέση της επιφάνειας  $(u, v)$  δίνεται η τιμή αμαύρωσης της επιφάνειας  $f(u, v)$ . Αν η εικόνα είναι ασπρόμαυρη τότε δίνεται μία τιμή αμαύρωσης. Αν η εικόνα είναι έγχρωμη, τότε δίνονται τρεις τιμές αμαύρωσης μία για κάθε πρωτεύον χρώμα. Αν η εικόνα είναι πολυφασματική ή πολυκάναλη δίνονται πολλές τιμές αμαύρωσης μία για κάθε φασματική ζώνη. Η θέση  $(u, v)$  ορίζει τη θέση που βρίσκεται το στοιχείο της εικόνας (σ. ε. ή pixel). Όταν τα σ. ε. έχουν ακανόνιστη θέση και μέγεθος, τότε η εικόνα λέγεται αναλογική όπως είναι τα φωτογραφικά φιλμ. Όταν τα σ. ε. είναι διαταγμένα κυρίως σε γραμμές και στήλες με σταθερό σχήμα και μέγεθος, τότε η εικόνα λέγεται ψηφιακή και αποθηκεύεται σε ηλεκτρονική μορφή.

# Ψηφιακή εικόνα

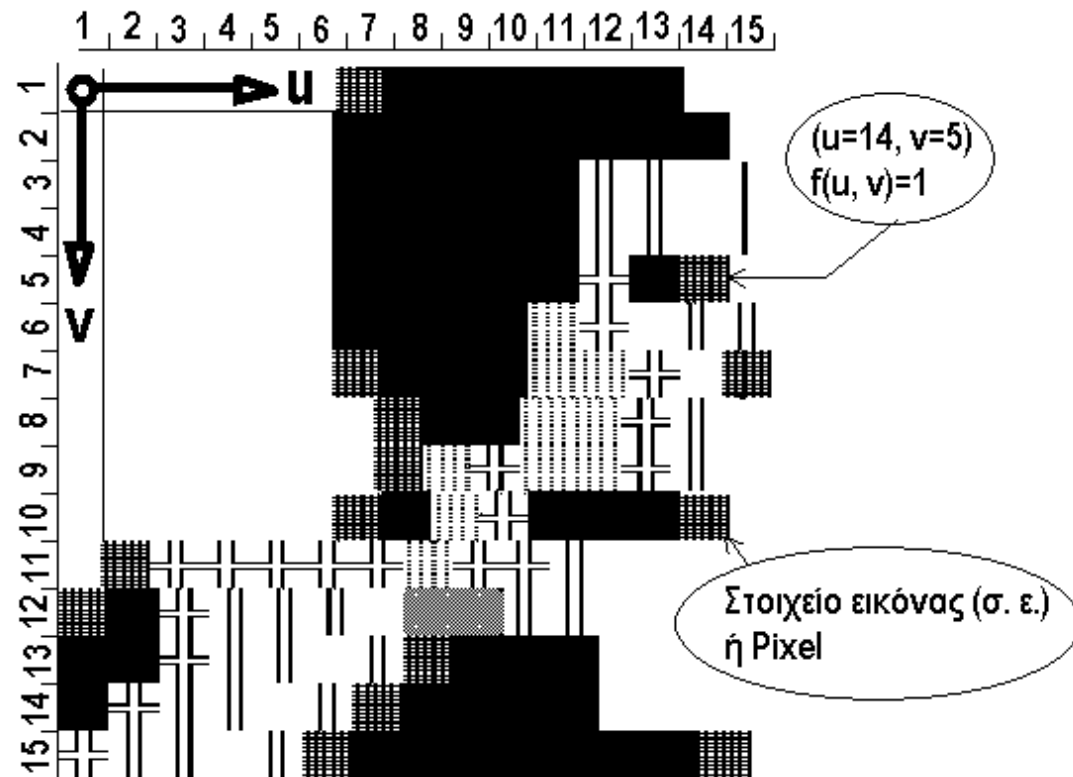
Ψηφιακές τιμές αμαύρωσης 15x15  
(λανθάνουσα εικόνα)

7	7	7	7	7	1	0	0	0	0	0	7	7		
7	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0	7	
7	7	7	7	7	7	0	0	0	0	5	5	7	6	
7	7	7	7	7	7	0	0	0	0	5	5	7	6	
7	7	7	7	7	7	0	0	0	0	4	0	1	7	
7	7	7	7	7	7	0	0	0	3	4	7	5	5	
7	7	7	7	7	7	1	0	0	3	3	4	7	1	
7	7	7	7	7	7	1	0	3	3	4	5	7		
7	7	7	7	7	7	1	0	3	4	0	0	1	7	
7	1	4	4	4	4	3	4	4	5	7	7	7		
1	0	4	5	5	5	7	2	2	5	5	7	7	7	
0	0	4	5	5	7	5	1	0	0	7	7	7	7	
0	4	5	5	7	5	1	0	0	0	1	7	7	7	
4	5	5	7	5	1	0	0	0	0	0	1	7	7	

γραμμοσκία / τιμή



Παρουσίαση εικόνας



# Ανάλυση εικόνας - Resolution

Ο αριθμός από φασματικές ζώνες που αποτελείται μια εικόνα ονομάζεται φασματική ανάλυση ή φασματική διαχωριστική ικανότητα (*spectral resolution*) ο Landsat TM διαθέτει 7 φασματικές ζώνες και την ζώνη ETM

Το εικονοστοιχείο των φασματικών ζωνών του Landsat TM στο έδαφος είναι 30 μέτρα και η ιδιότητα αυτή ονομάζεται χωρική ανάλυση ή χωρική διαχωριστική ικανότητα (*spatial resolution*).

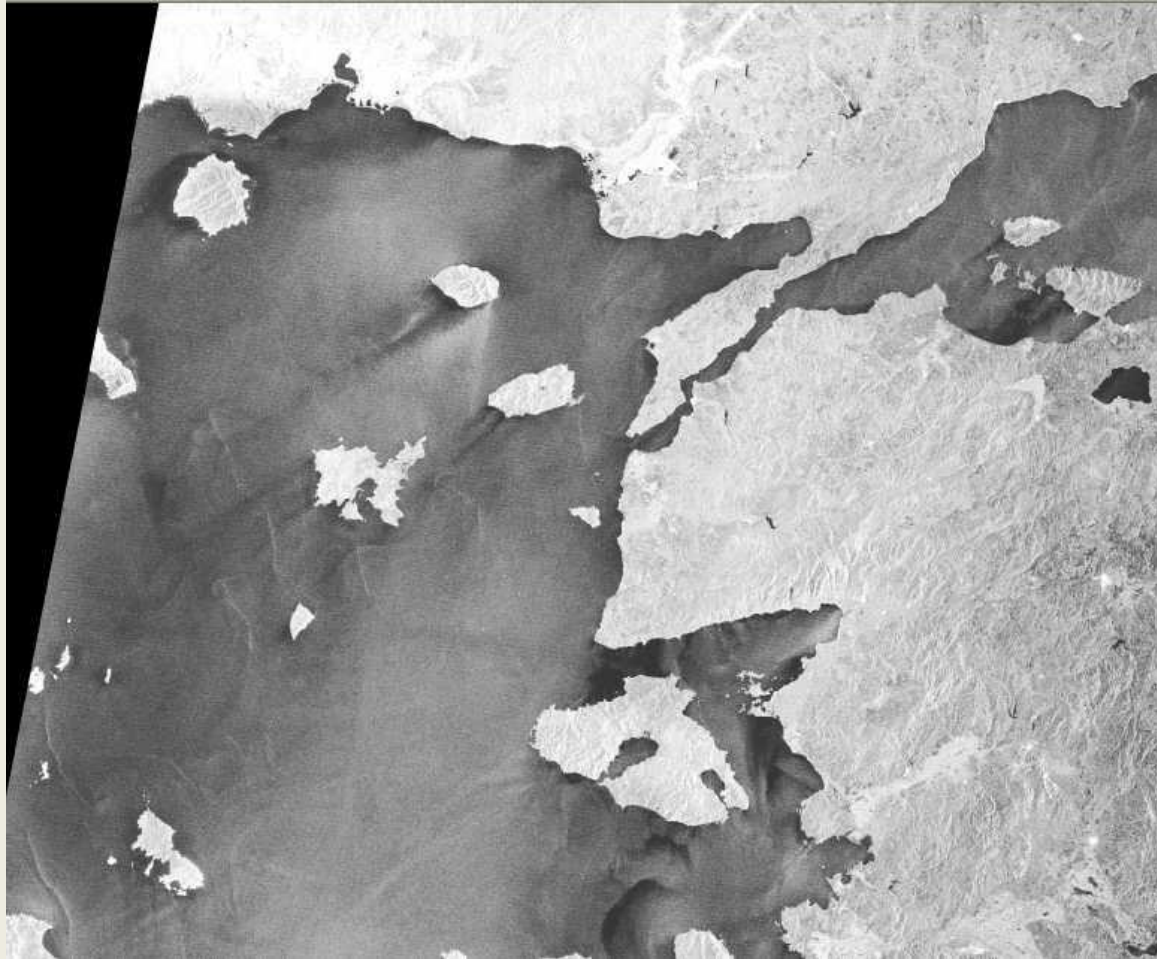
Ο αριθμός από τιμές αμαύρωσης (γραμμοσκιές, ραδιομετρικές τιμές) που μπορεί να έχει μια εικόνα ονομάζεται ραδιομετρική ανάλυση ή ραδιομετρική διαχωριστική ικανότητα ή δυναμικό εύρος και χαρακτηρίζεται από τον αριθμό από μπιτ δυαδικού κώδικα που απαιτούνται να κωδικοποιηθούν οι τιμές αυτές. Με 8-μπιτ κωδικοποιούνται  $2^8 = 256$  γραμμοσκιές: 0, 1, 2, ..., 255.

Η συχνότητα με την οποία γίνεται η καταγραφή της εικόνας πάνω από την ίδια περιοχή λέγεται εποχική ανάλυση ή *temporal resolution*.

# Αύξηση της ερμηνευτικότητας

- (α) Γεωμετρικές διορθώσεις ή γεωαναφορά ώστε να ταυτιστεί η εικόνα με το σύστημα της χαρτογραφικής προβολής.
- (β) Ατμοσφαιρική διόρθωση
- (γ) Ραδιομετρική ενίσχυση (εξίσωση ιστογράμματος, τέντωμα ιστογράμματος).
- (δ) Φιλτράρισμα για την απομάκρυνση του θορύβου, ή την ενδυνάμωση χαρακτηριστικών όπως είναι η ενίσχυση ορίων.
- (ε) Σύνθεση της εικόνας με ψευτοχρώματα τα οποία επιλέγονται από κατάλληλη παλέτα ώστε να αυξηθεί η αντίθεση ανάμεσα στην πληροφορία που πρόκειται να αποσπασθεί και το φόντο της.

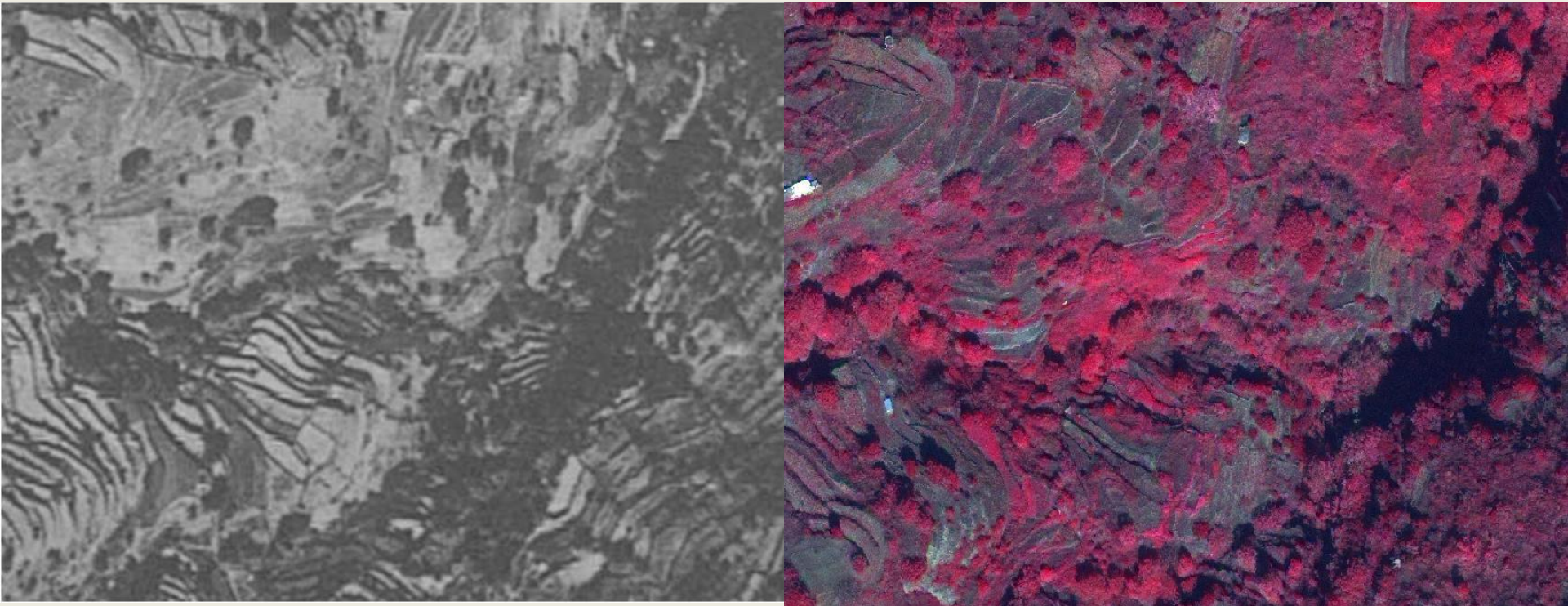
# Εικόνα Radarsat (1998) για ανίχνευση πετρέλαιοκηλίδων στη θάλασσα



# Δορυφορική εικόνα Quick Bird (2002) με ανάλυση 2.7 μέτρα, διακρίνονται τα ελαιόδενδρα



# Αεροφωτογραφία από την περιοχή Κωμιακής Νάξου, διακρίνονται οι αναβαθμίδες



Αεροφωτογραφία 1983

Δορυφορική εικόνα NIR 2009



**Επεξεργασμένη δορυφορική Ορθο-εικόνα GeoEye-1 (2009)  
Κωμιακής Νάξου με ανάλυση 0,5 μέτρα, διακρίνονται τα ρέματα  
και οι ισοϋψείς**



5 Μαρτίου 1992

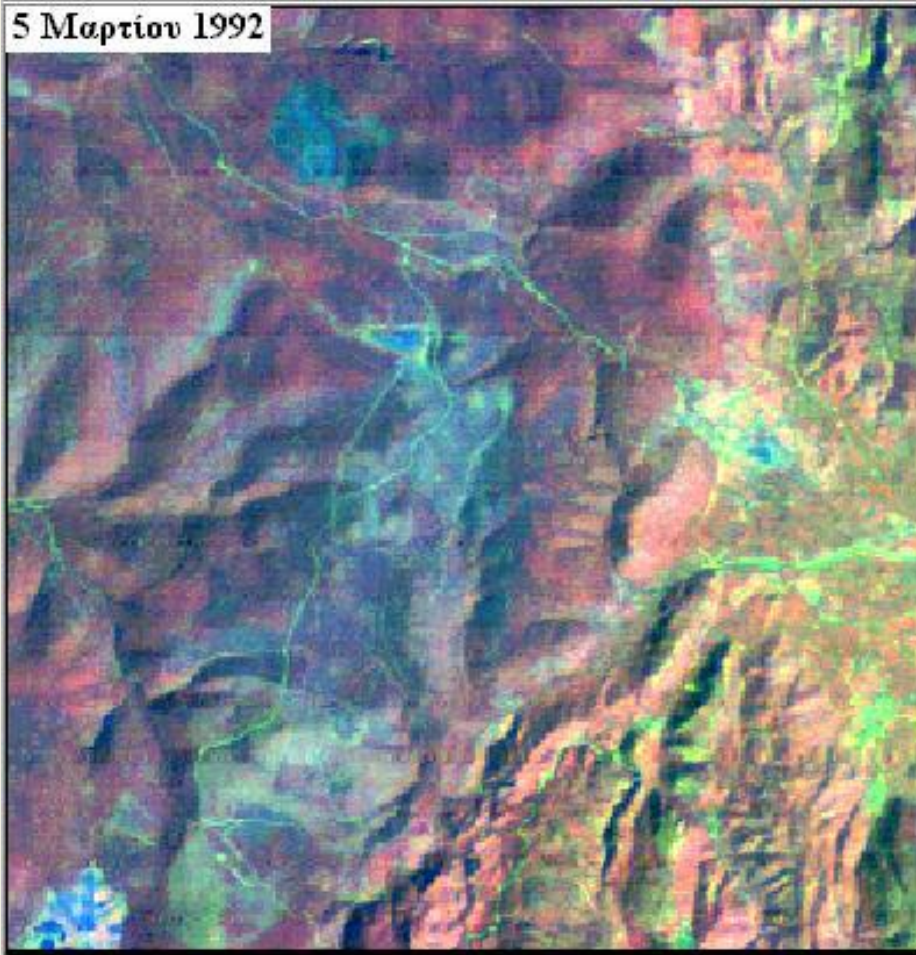


28 Αυγούστου 1992

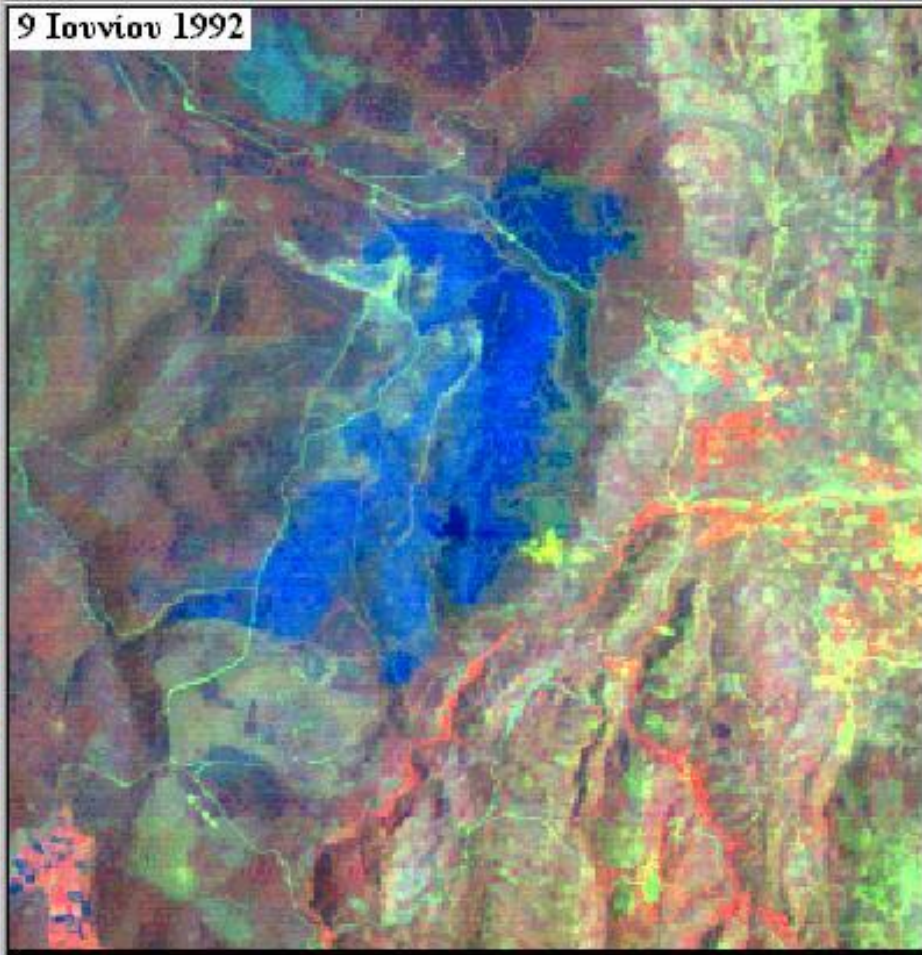


**Ψευδόχρωμες εικόνες Landsat – TM, από την περιοχή της Γέρας Λέσβου. Χρησιμοποιήθηκαν τα κανάλια: 2 (μπλε), 3 (πράσινο), 4 (κόκκινο).**

5 Μαρτίου 1992



9 Ιουνίου 1992



**Ψευδόχρωμες εικόνες Landsat – TM, από την περιοχή Αγιάσου Λέσβου. Χρησιμοποιήθηκαν τα κανάλια: 6 (μπλε), 2 (πράσινο), 4 (κόκκινο). Η καμένη έκταση από την πυρκαγιά του Μαΐου 1992 φαίνεται στην εικόνα του Ιουνίου με μπλε χρώμα.**

# Έγχρωμο σύνθετο (R,G,B – 3,2,1)



Ο συνδυασμός αυτός ονομάζεται και φυσικός χρωματισμός γιατί αποτελεί την απομίμηση με φυσικά χρώματα (χρησιμοποιούνται κανάλια του ορατού) της απεικόνιση της πραγματικότητας. Επειδή τα χαρακτηριστικά του εδάφους αποδίδονται στο ίδιο χρώμα με αυτό που αντιλαμβάνεται η ανθρώπινη όραση, η υγιής βλάστηση είναι πράσινη ενώ η μη υγιής είναι καφέ ή κίτρινη. Οι δρόμοι είναι γκρι και η ακτογραμμή άσπρη.

**Πηγή:** ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
Της Θωμαΐδου Αργυρώς &  
Του Κουτσοβίλη Κώστα<sup>20</sup>

# Συνδυασμός (R,G,B- 7,5,3)



Η απορρόφηση από το νερό στο μέσο υπέρυθρο βοηθάει στον καθορισμό των ορίων μεταξύ νερού και εδάφους.

Η βλάστηση εμφανίζεται σε αποχρώσεις του πράσινου κατά την περίοδο ανάπτυξης, οι αστικές περιοχές εμφανίζονται σε άσπρο, γκρι, κυανό και μοβ. Οι θερμές επιφάνειες εμφανίζονται κόκκινες ή κίτρινες. Μία βασική εφαρμογή του συνδυασμού αυτού είναι η καταγραφή και η παρακολούθηση δασικών πυρκαγιών.

# Συνδυασμός (R,G,B- 7,5,1)



Με αυτό τον συνδυασμό έχουμε καλό διαχωρισμό περιοχών με κωνοφόρα και πλατύφυλλα δένδρα, επίσης έχουμε και πολύ καλή διάκριση ανάμεσα στο γυμνό έδαφος και στους βράχους. Οι οικισμοί διακρίνονται με έντονο μοβ χρώμα.

# Συνδυασμός (R,G,B- 7,4,1)



Αυτός ο συνδυασμός καναλιών παρουσιάζει καλό διαχωρισμό, των αειθαλών από τα κωνοφόρα δένδρα, με διαβαθμίσεις του πράσινου. Τα αειθαλή εμφανίζονται με ανοιχτό πράσινο χρώμα και τα κωνοφόρα με σκούρο πράσινο χρώμα.

# Συνδυασμός (R,G,B- 4,3,2)



Είναι ένας πολύ δημοφιλής συνδυασμός για μελέτες που αφορούν τη βλάστηση, η οποία εμφανίζεται κόκκινη. Τα κωνοφόρα δέντρα εμφανίζονται με πιο σκούρο κόκκινο από τα φυλλοβόλα. Το έντονο κόκκινο αποδίδεται σε πλατύφυλλα δέντρα, ενώ το πιο ανοιχτό σε αραιή βλάστηση ή βοσκότοπους. Αναδεικνύει καλύτερα από άλλους συνδυασμούς τις μικρές σε έκταση και διεσπαρμένες περιοχές καλλιεργειών. Οι αστικές περιοχές εμφανίζονται γαλάζιες και το χρώμα από ανοιχτό έως βαθύ καφέ.



# Συνδυασμός (R,G,B- 5,3,2)



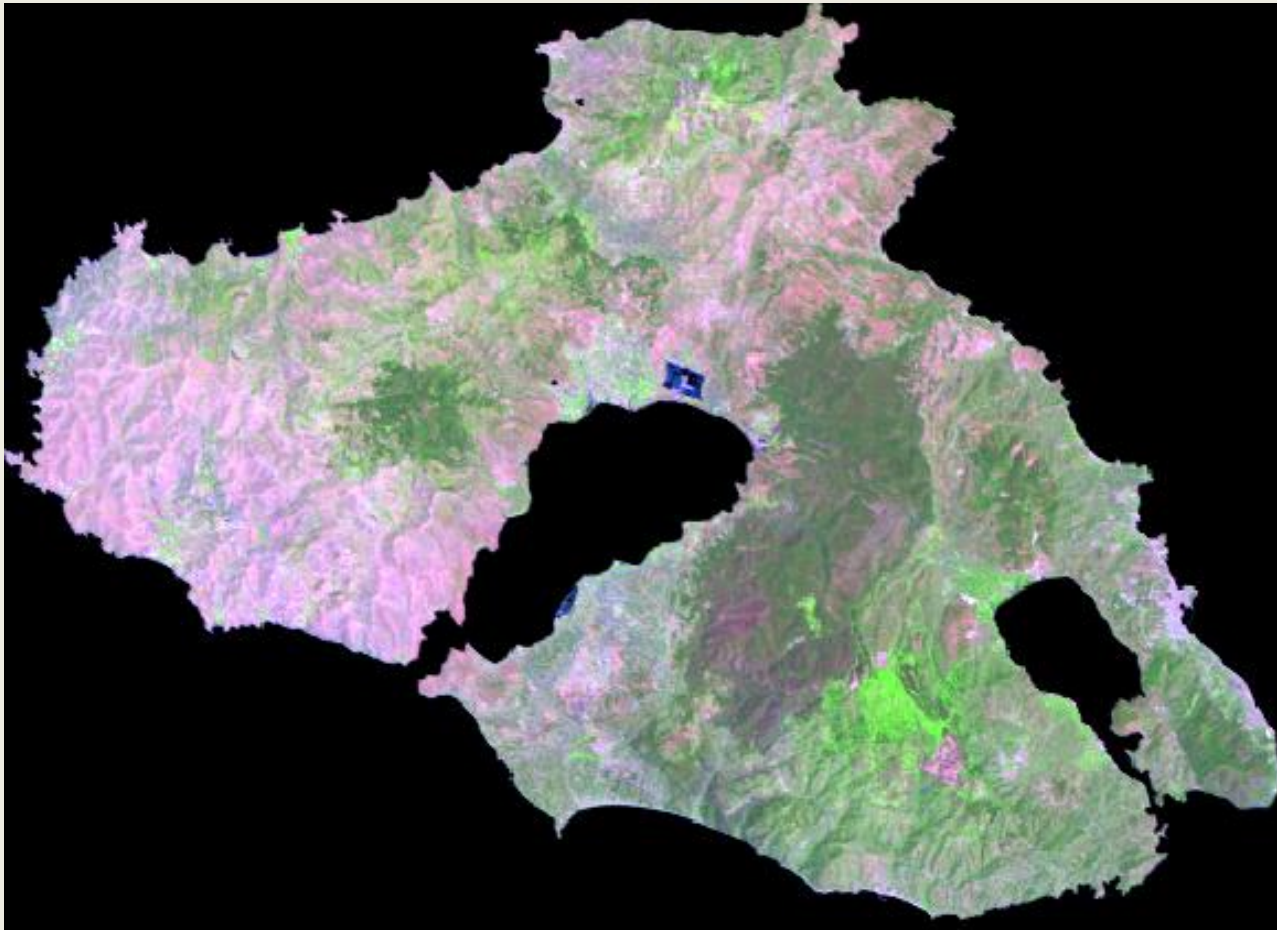
Με αυτόν τον συνδυασμό έχουμε μια καλύτερη θεώρηση της τοπογραφίας της περιοχής και αναδεικνύονται οι περιοχές των καλλιεργειών

# Συνδυασμός (R,G,B- 1,2,3)



Με αυτόν τον συνδυασμό αναδεικνύονται καλύτερα τα γραμμικά στοιχεία, ιδιαίτερα του οδικού δικτύου της περιοχής καθώς και τα όρια των οικισμών.

# Συνδυασμός (R,G,B- 5,4,3)

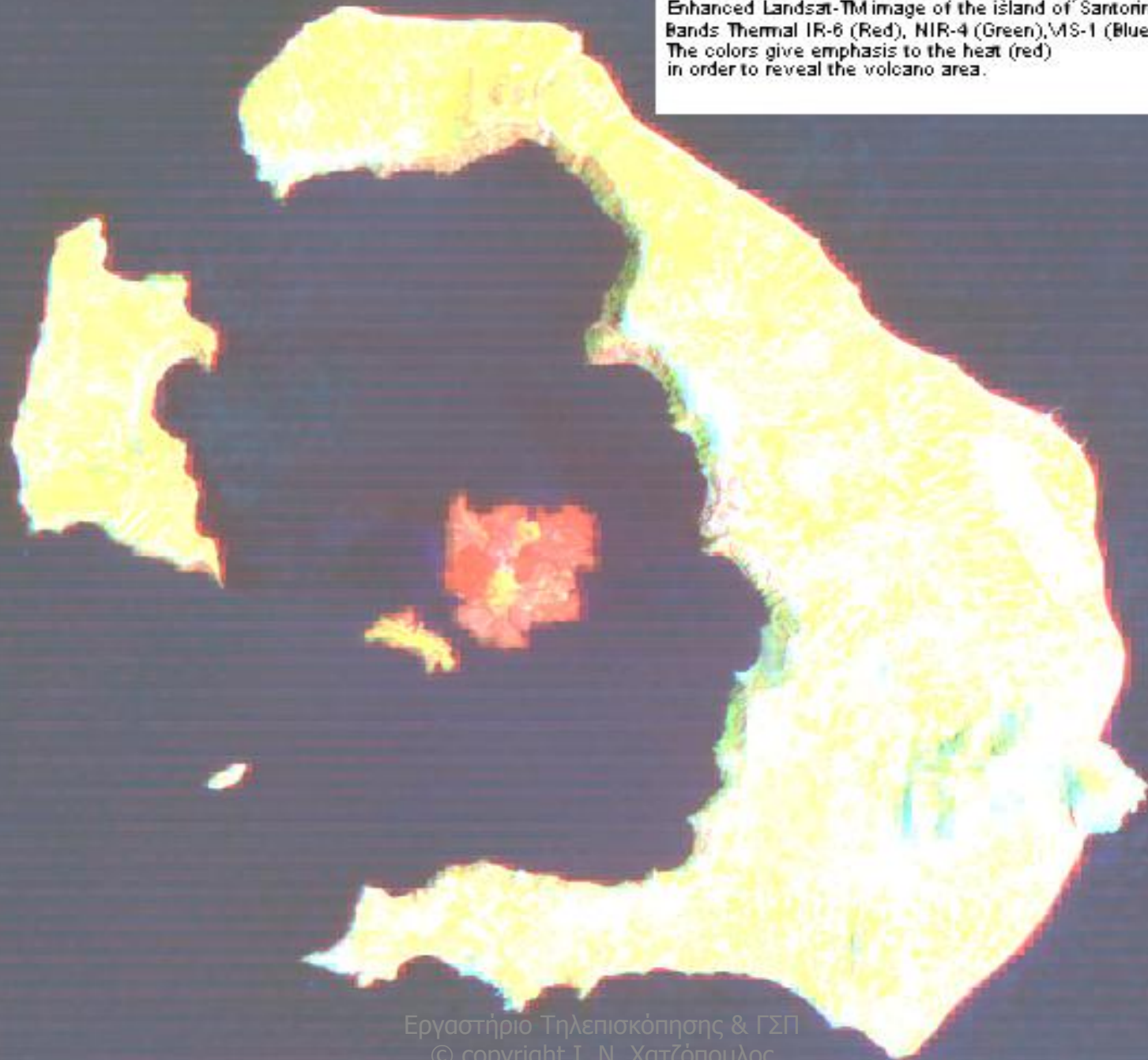


Οι πληροφορίες που δίνει αυτός ο συνδυασμός αφορούν τις γεωργικές δραστηριότητες και χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις διαχείρισης δασών. Σε αυτό τον συνδυασμό η υγιής βλάστηση φαίνεται με ανοιχτό πράσινο χρώμα ενώ τα φρύγανα με μοβ.

UNIVERSITY OF THE AEGEAN  
REMOTE SENSING LABORATORY (RSLUA)  
Enhanced Landsat-Tm image of the island of Santorini  
Visible spectral bands for extracting general  
purpose information by photointerpretation methods  
The colors are close to the natural colors of the area



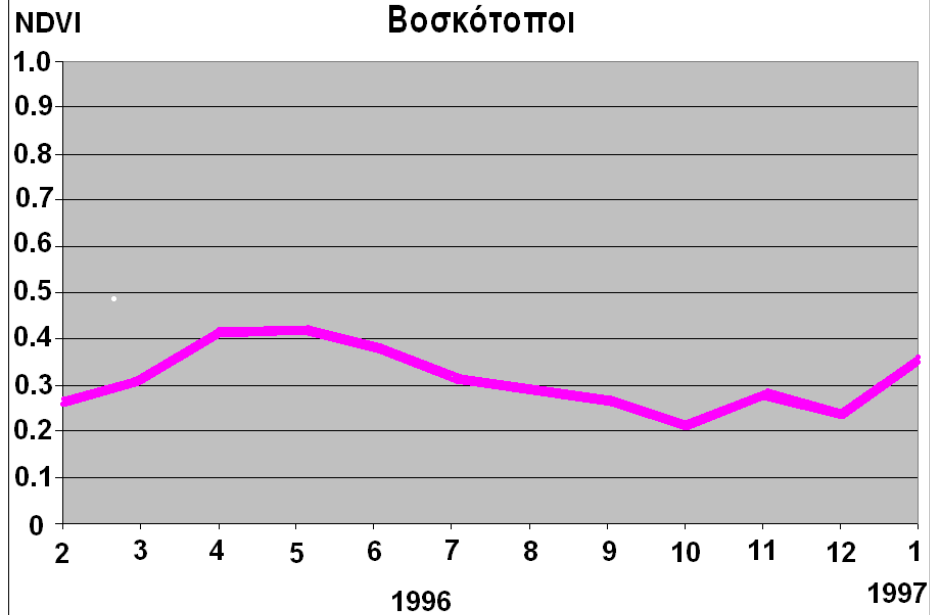
UNIVERSITY OF THE AEGEAN  
REMOTE SENSING LABORATORY (RSLUA)  
Enhanced Landsat-TM image of the island of Santorini  
Bands Thermal IR-6 (Red), NIR-4 (Green), MS-1 (Blue).  
The colors give emphasis to the heat (red)  
in order to reveal the volcano area.



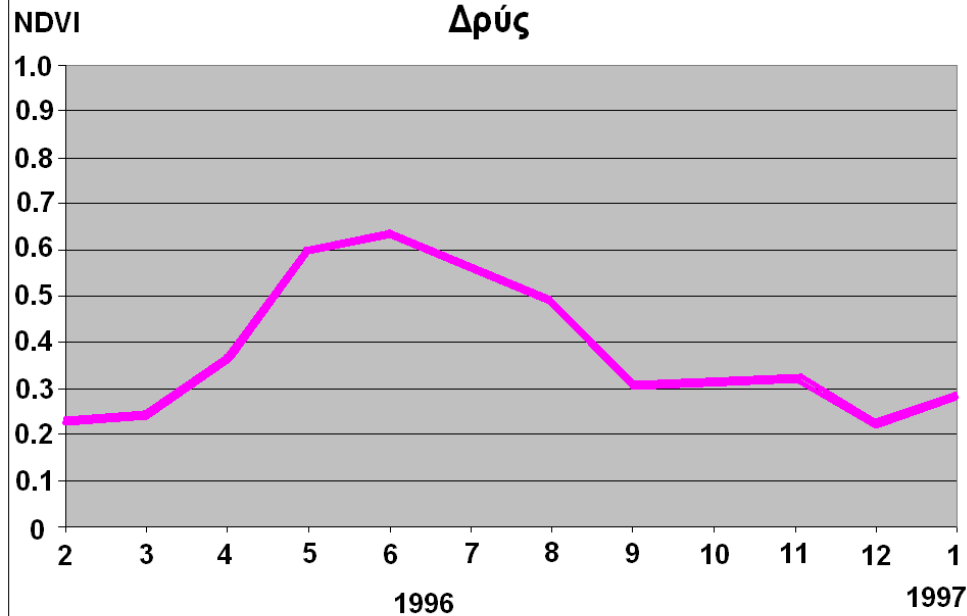


## Εποχιακά φασματικά χαρακτηριστικά Μεσογειακών χωρών 2/96 - 1/97

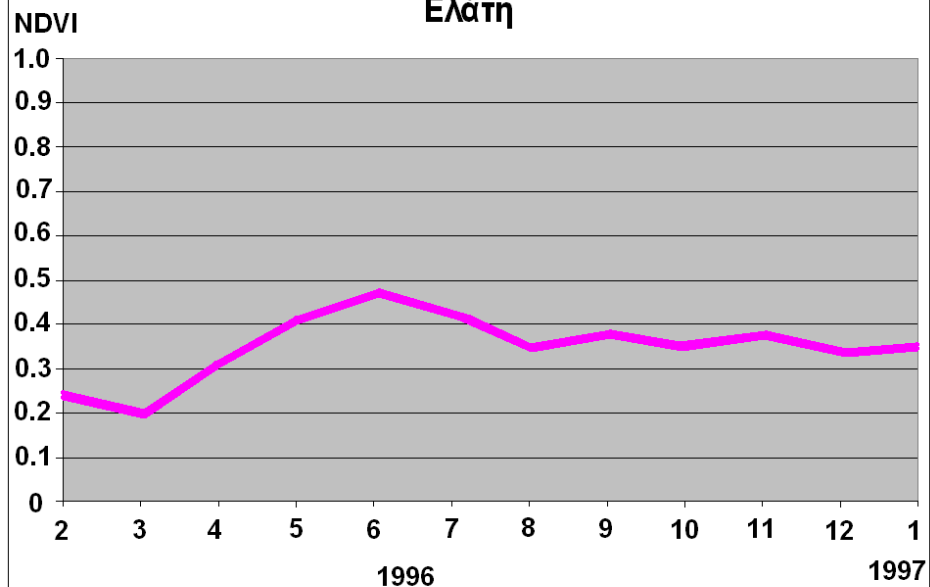
Μεσογειακή βλάστηση  
Βοσκότοποι



Μεσογειακή βλάστηση  
Δρύς



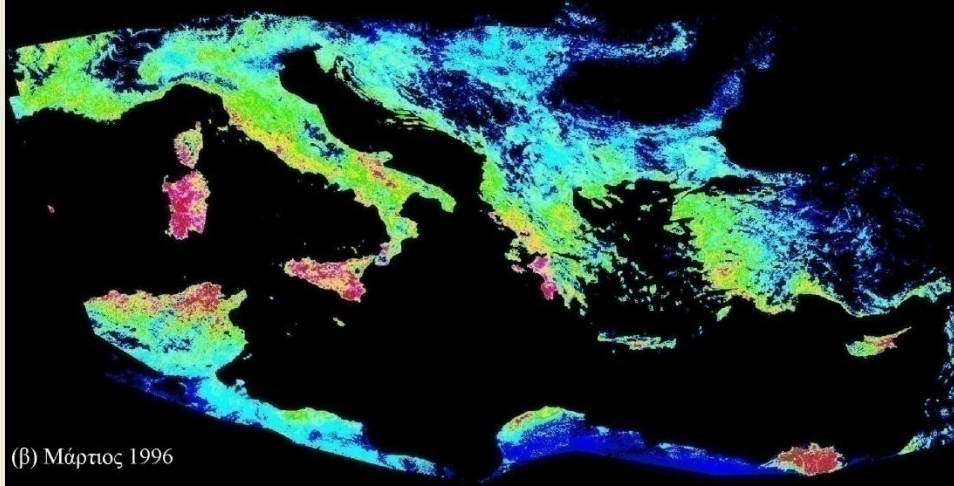
Μεσογειακή βλάστηση  
Ελάτη



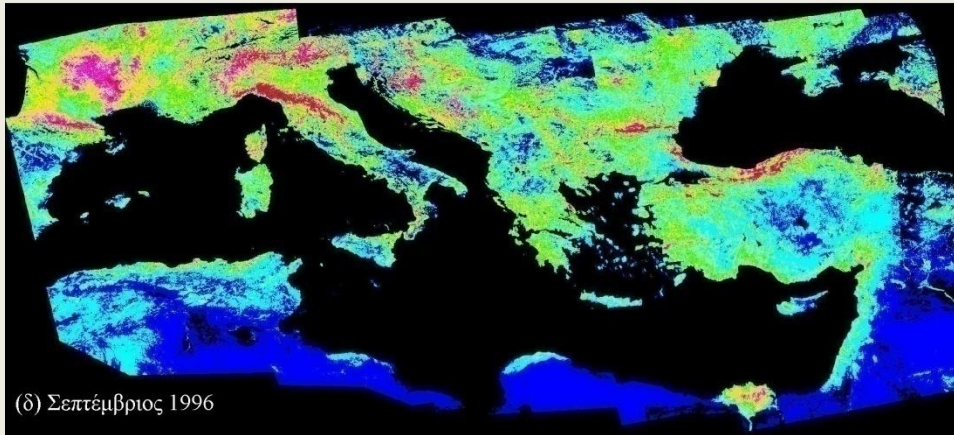
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ ΤΜΗΜΑ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ  
ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

Προετοιμασία: Δημήτρης Παρώνης

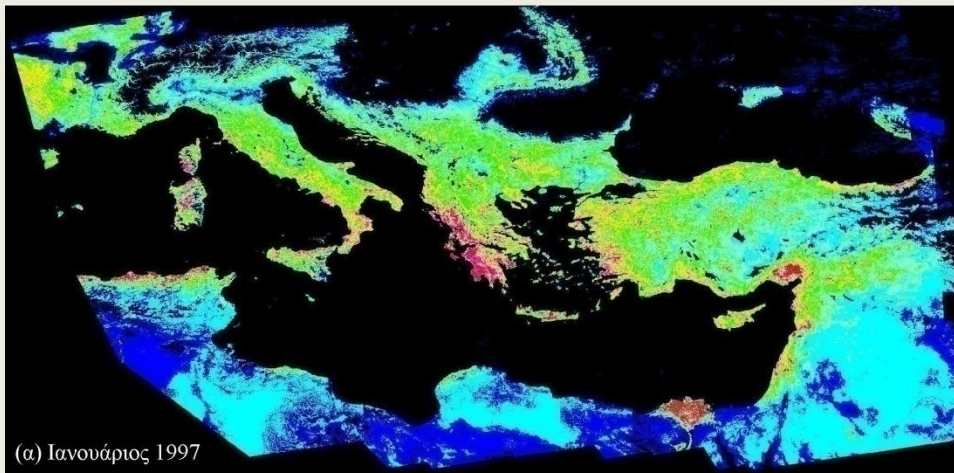
Επίβλεψη: Καθηγητής Ι. Ν. Χατζόπουλος



(β) Μάρτιος 1996



(δ) Σεπτέμβριος 1996



(α) Ιανουάριος 1997

### ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ**

**ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ**

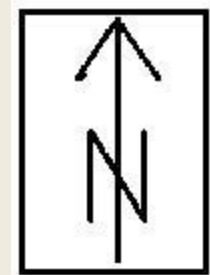
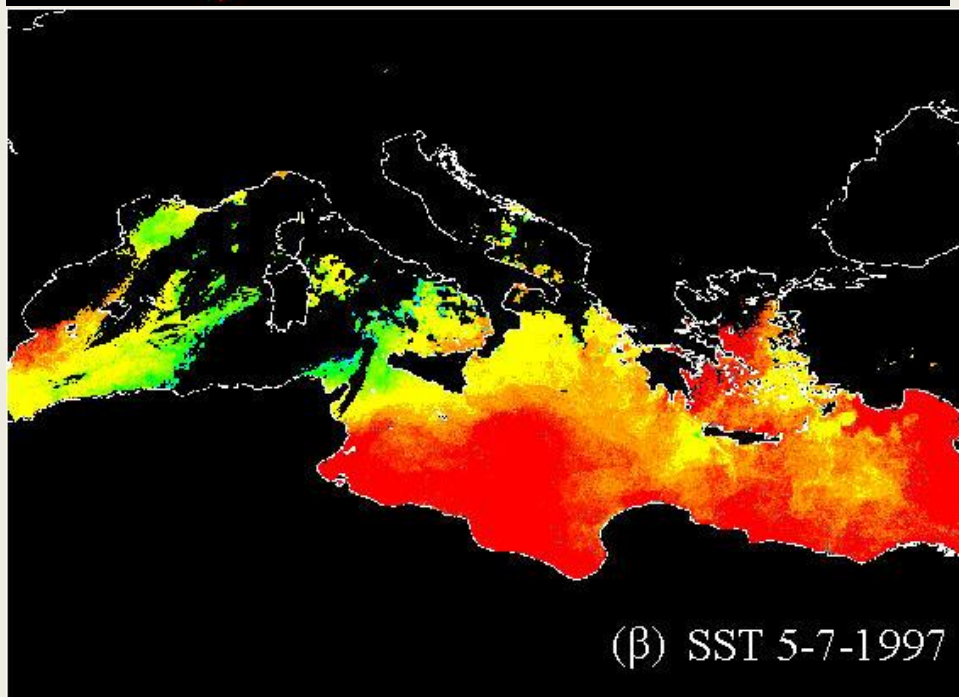
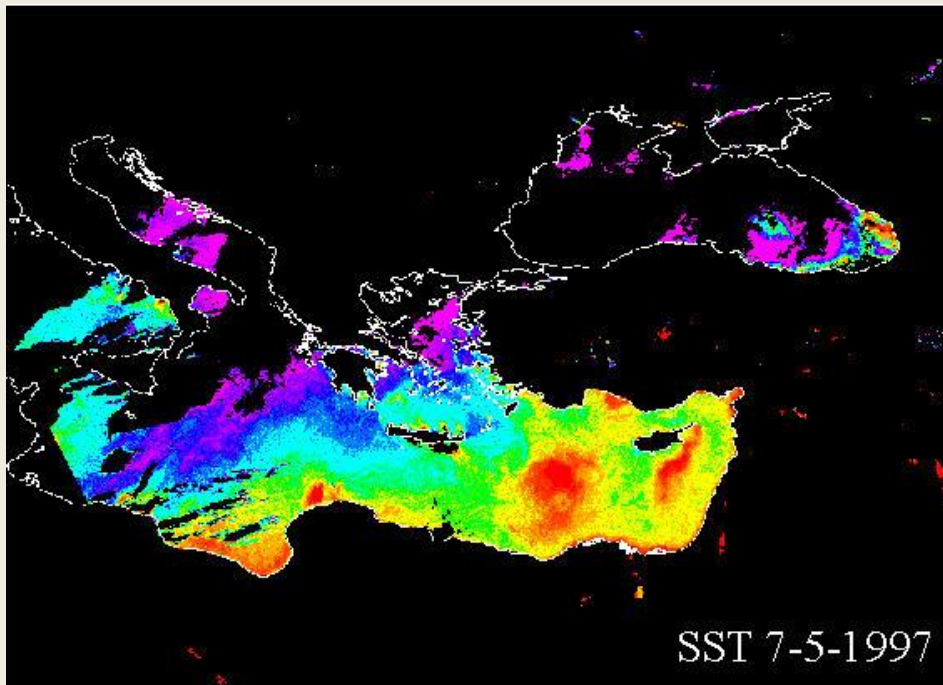
**Προετοιμασία: Κωστής Σουλιάτης**

**Επίβλεψη:**

**καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος**



# ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΘΑΛΑΣΣΑΣ



**ΚΛΙΜΑΚΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ**

  
<9<sup>o</sup> C >24<sup>o</sup> C

**Προετοιμασία:**

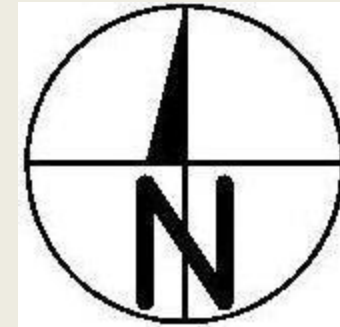
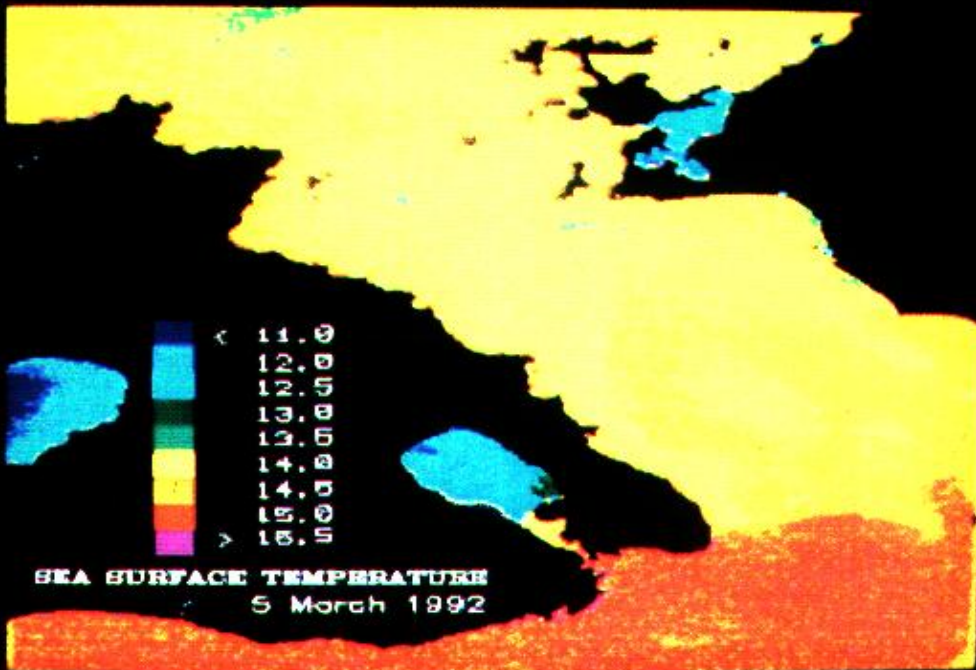
**Περικλής Τουκίλογλου**

**Επίβλεψη:**

**Καθηγητής: Ι. Ν. Χατζόπουλος**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ**

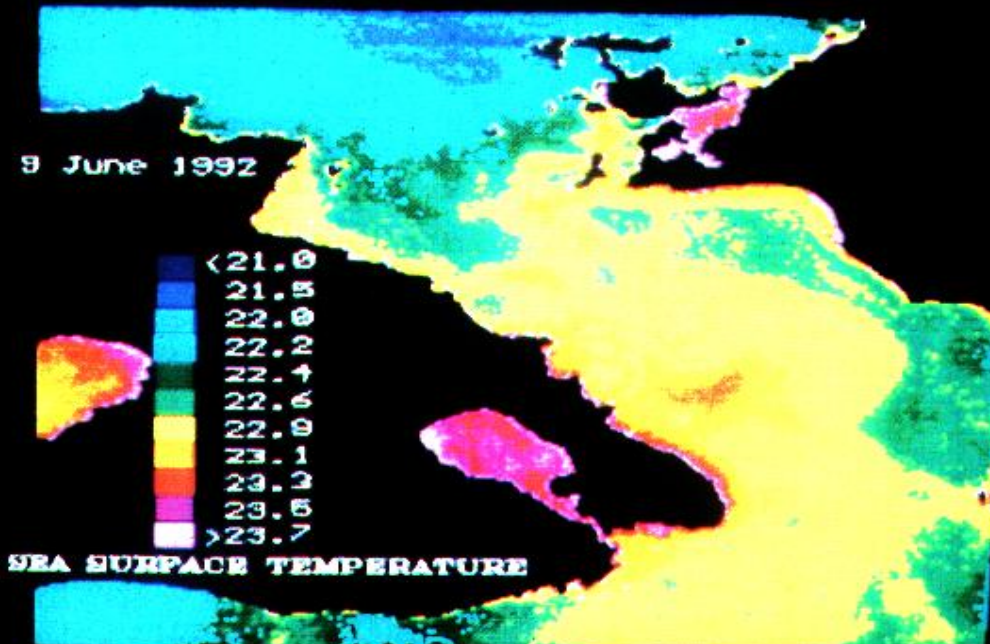
# Επιφανειακές Θερμοκρασίες θάλασσας από εικόνα Landsat TM



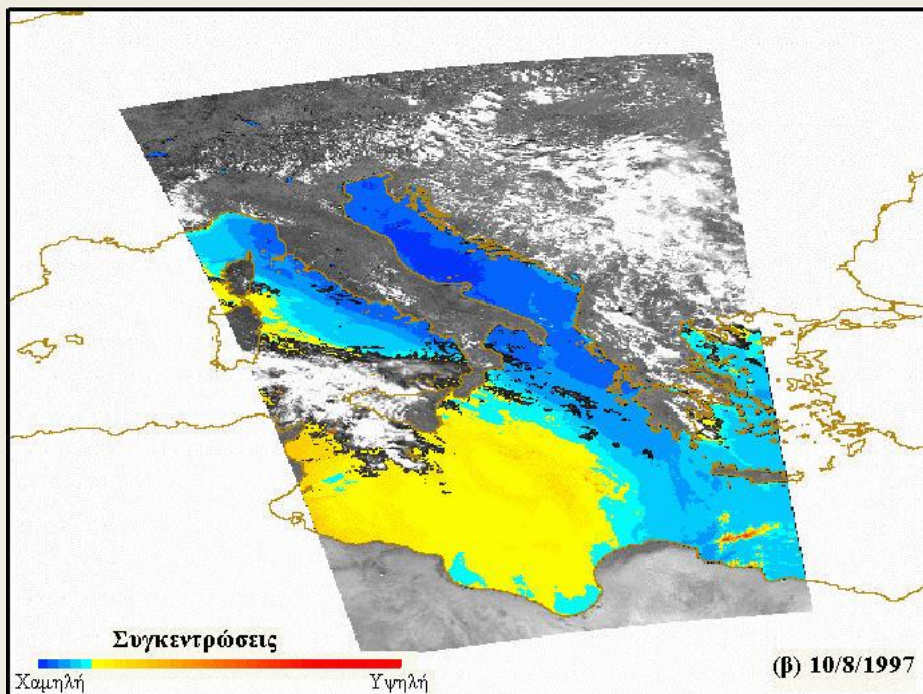
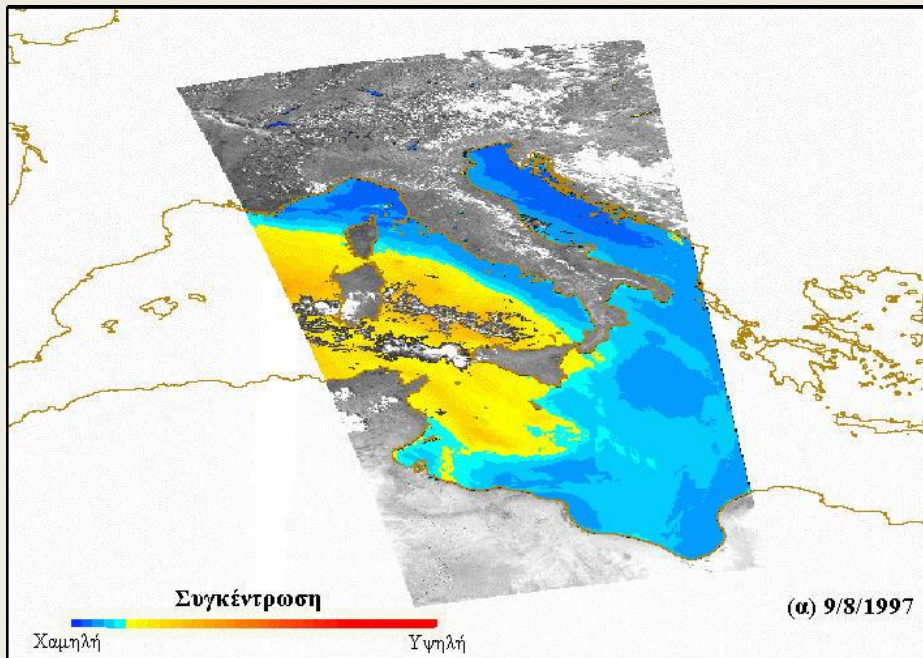
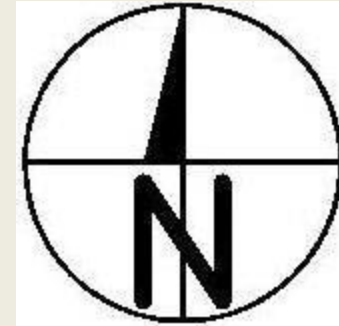
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

Προετοιμασία: Δημήτρης Γαζής

Επίβλεψη: Καθηγητής Ι. Ν. Χατζόπουλος



# Μετακίνηση σκόνης από την έρημο Σαχάρα στην Ευρώπη



Προετοιμασία: Μάλλη Χωριατέλλη  
Επίβλεψη: Καθηγητής Ι. Ν. Χατζόπουλος

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

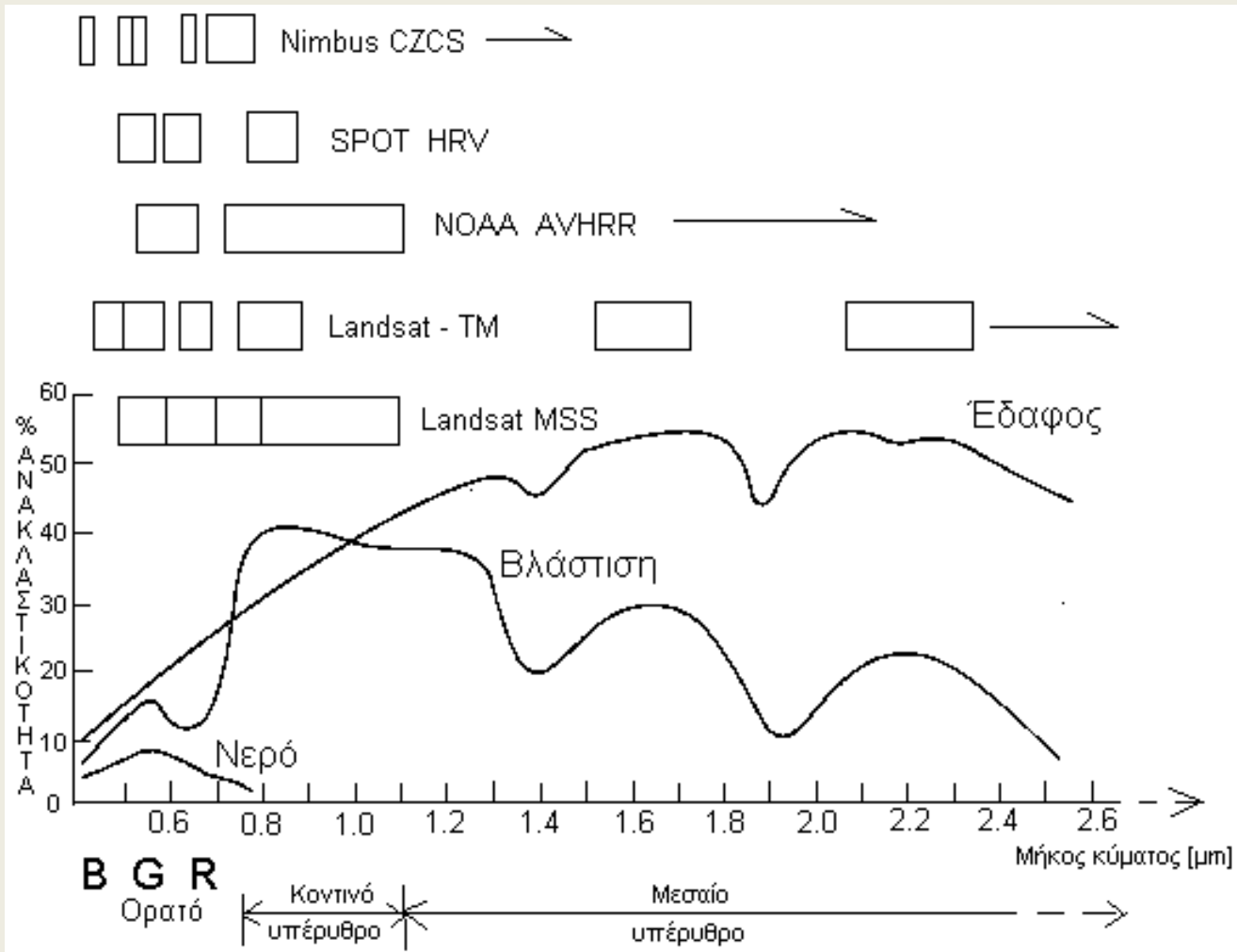
# Μέθοδοι τηλεπισκόπησης

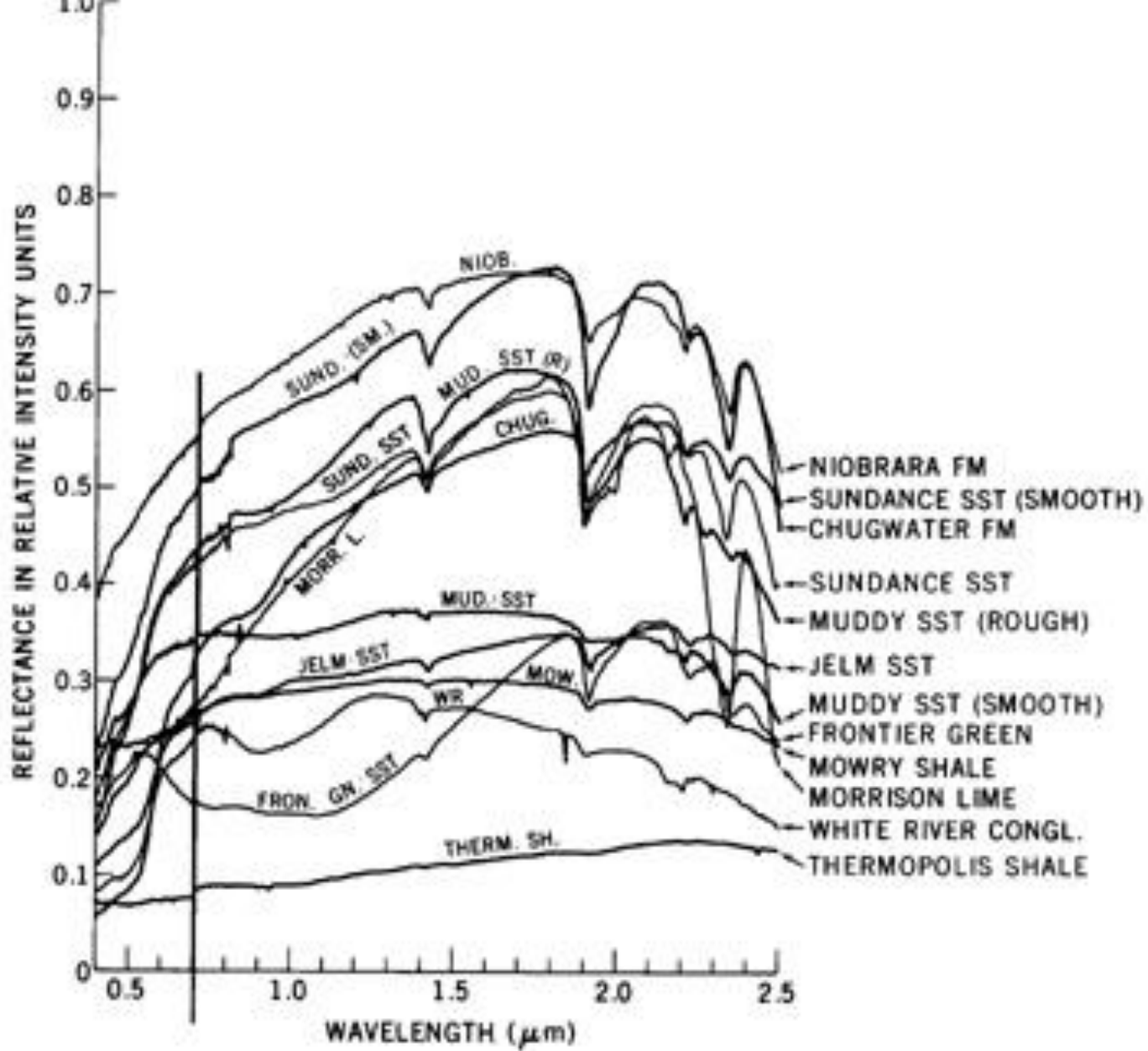
- (α) Ερμηνεία εικόνας ή φωτοερμηνεία
- (β) Ταξινόμηση εικόνας
- (γ) Παλινδρόμηση
- (δ) Άλγεβρα εικόνας
- (ε) Έμπειρα συστήματα
- (στ) άλλες μέθοδοι

# Ενίσχυση εικόνας - διορθώσεις

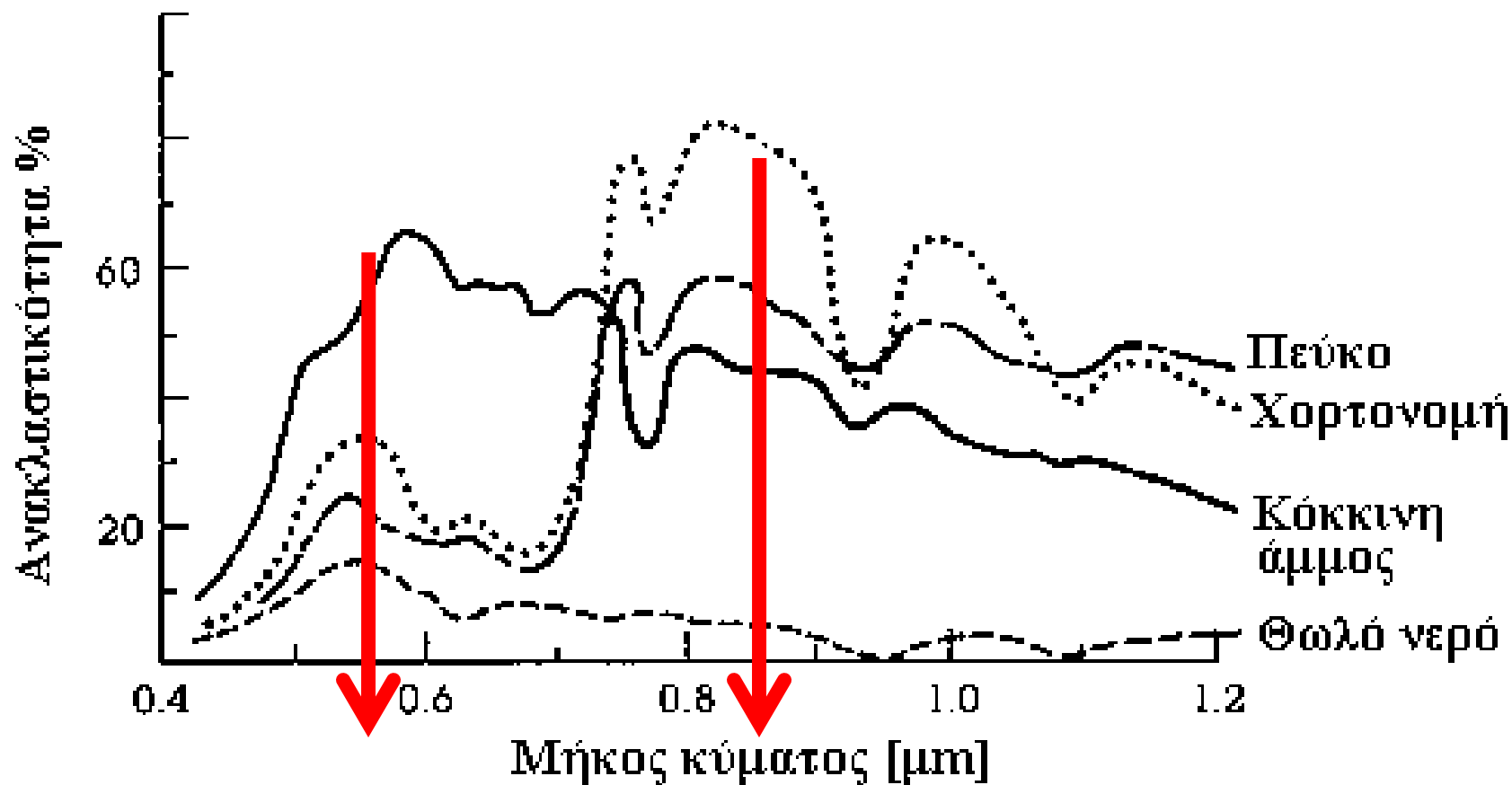
- (α) Γεωμετρικές διορθώσεις ή γεωαναφορά ώστε να ταυτιστεί η εικόνα με το σύστημα της χαρτογραφικής προβολής.
- (β) Ραδιομετρική ενίσχυση (εξίσωση ιστογράμματος, τέντωμα ιστογράμματος).
- (γ) Φιλτράρισμα για την απομάκρυνση του θορύβου, ή την ενδυνάμωση χαρακτηριστικών όπως είναι η ενίσχυση ορίων.
- (δ) Σύνθεση της εικόνας με ψευτοχρώματα τα οποία επιλέγονται από κατάλληλη παλέτα ώστε να αυξηθεί η αντίθεση ανάμεσα στην πληροφορία που πρόκειται να αποσπασθεί και το φόντο της.

# Φασματικές υπογραφές, Δορυφορικά κανάλια





# Φασματικές υπογραφές

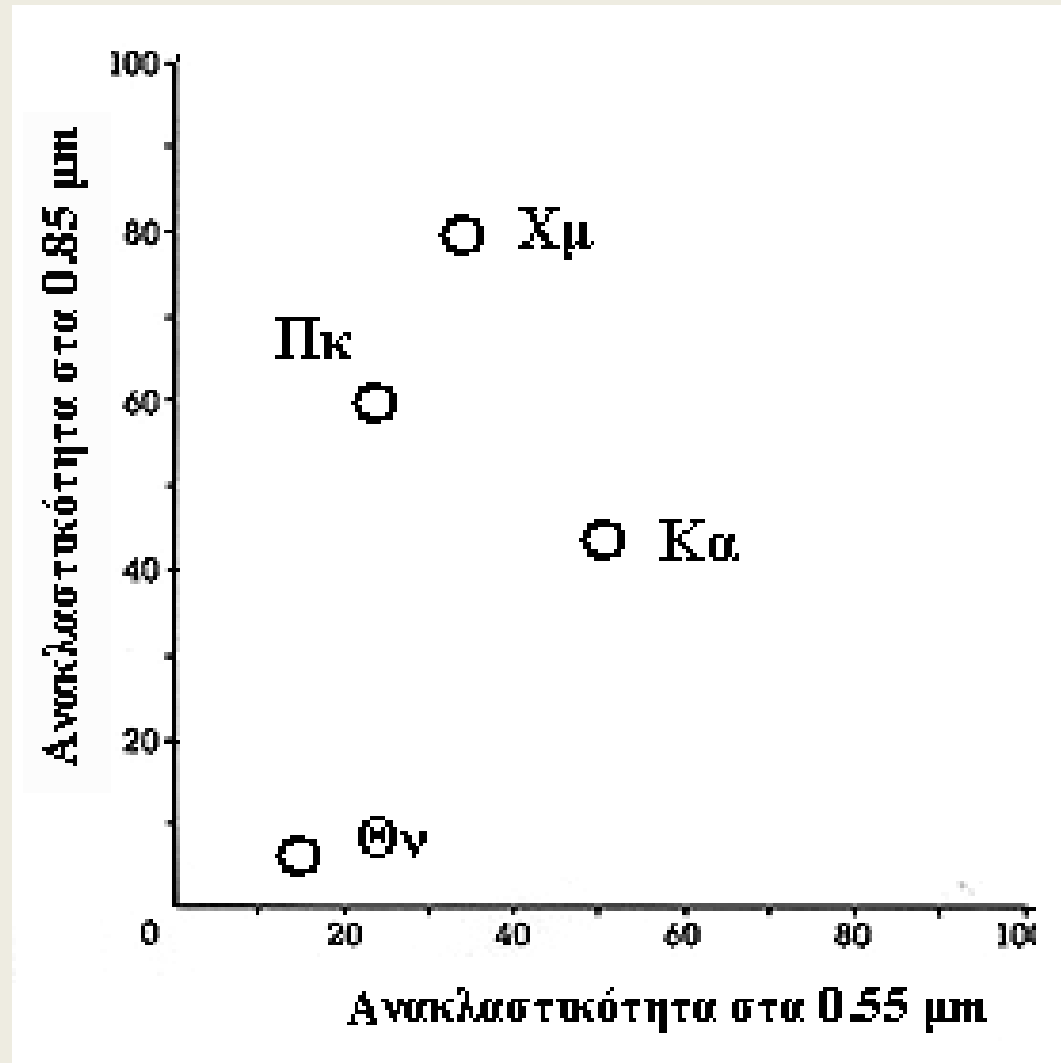




# Φασματικές ζώνες

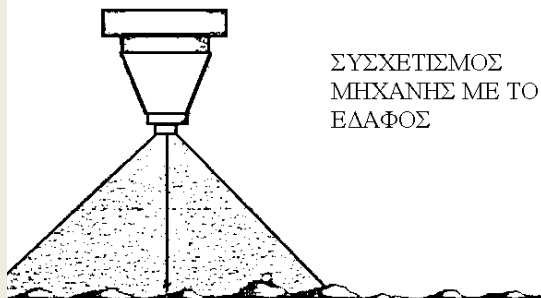
Φασματική Ζώνη	Πεύκο (Πκ)	Χορτονομή (Χμ)	Κόκκινη άμμος (Κα)	Θολό νερό (Θν)
0.55 μm	25	33	50	15
0.85 μm	60	80	45	5

# Φασματικός χώρος



# Τύποι αεροφωτογράφισης

## Κατακόρυφη αεροφωτογραφία



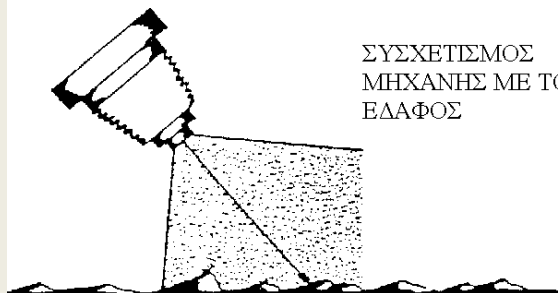
ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ  
ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕ ΤΟ  
ΕΛΑΦΟΣ

1				6
31				36

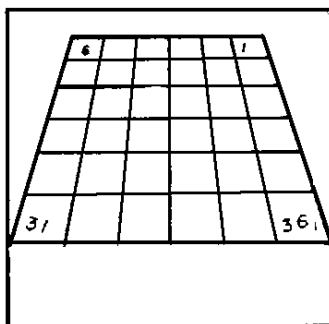
Πλέγμα

Η περίπτωση που χρησιμοποιείται περισσότερο

## Φωτογραφία με χαμηλή λοξότητα



ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ  
ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕ ΤΟ  
ΕΛΑΦΟΣ

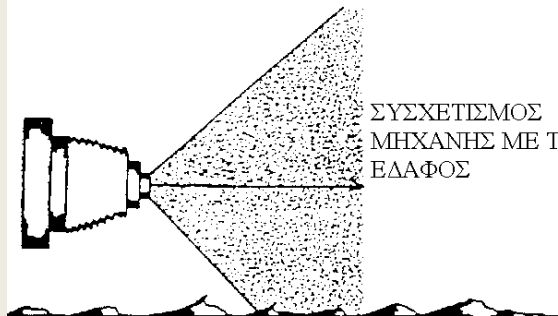


Πλέγμα

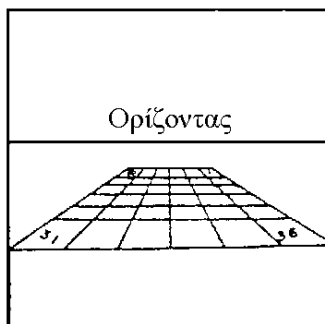
Ο ορίζοντας δεν φαίνεται

Η περίπτωση που χρησιμοποιείται λιγότερο

## Πολύ υψηλή λοξότητα



ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ  
ΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕ ΤΟ  
ΕΛΑΦΟΣ



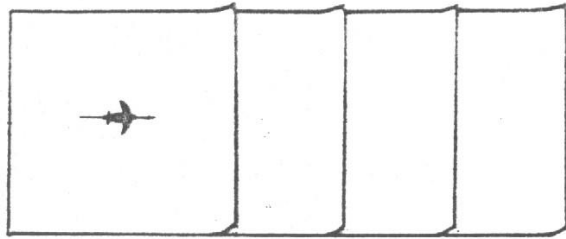
Πλέγμα

Ο ορίζοντας φαίνεται

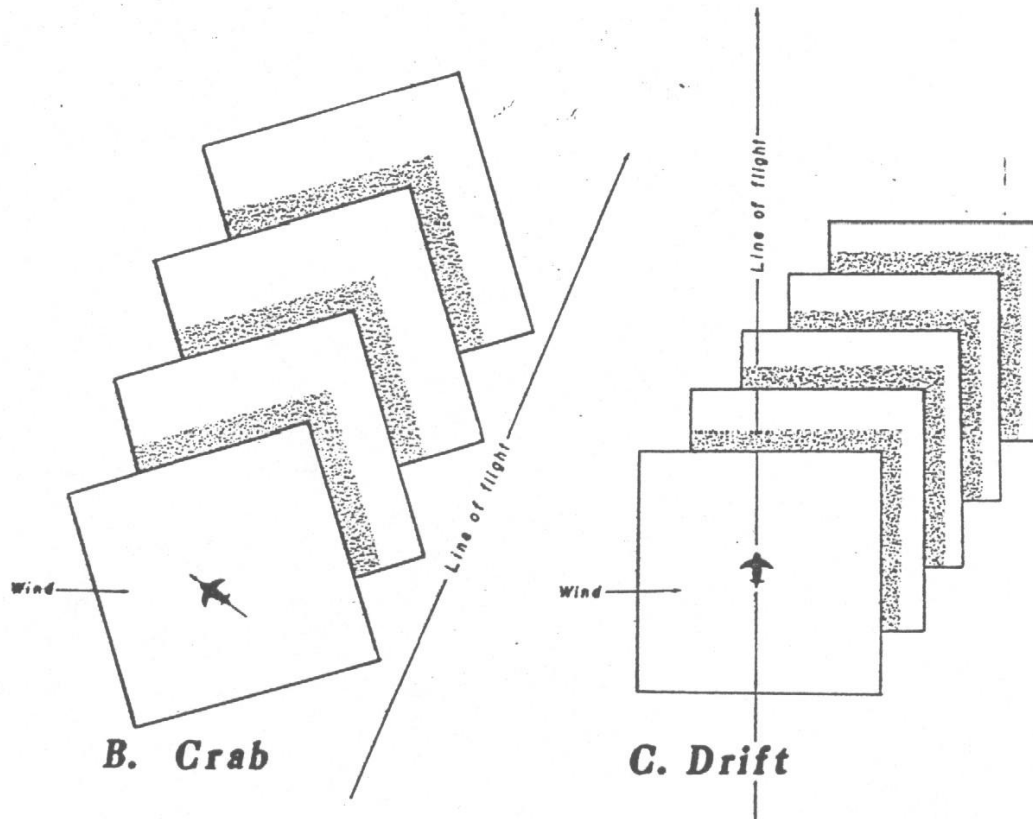
Φωτογραφία για κατώπτευση

Διάφοροι τύποι  
αεροφωτογράφη  
σης ανάλογα με  
την κλίση του  
άξονα της  
φωτογραφικής  
μηχανής

# Index flight paths.

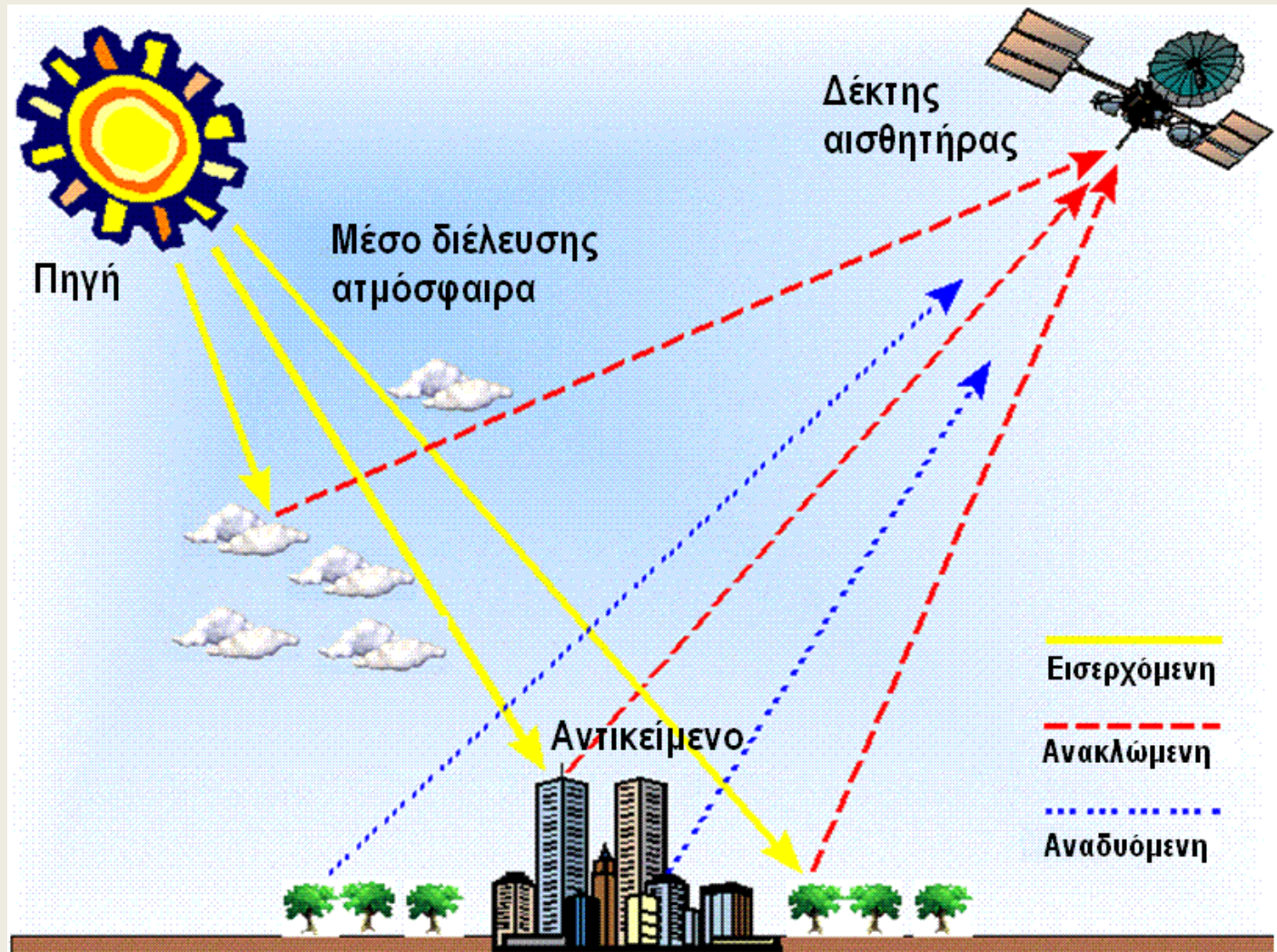


**A. Desired pattern of flight.**



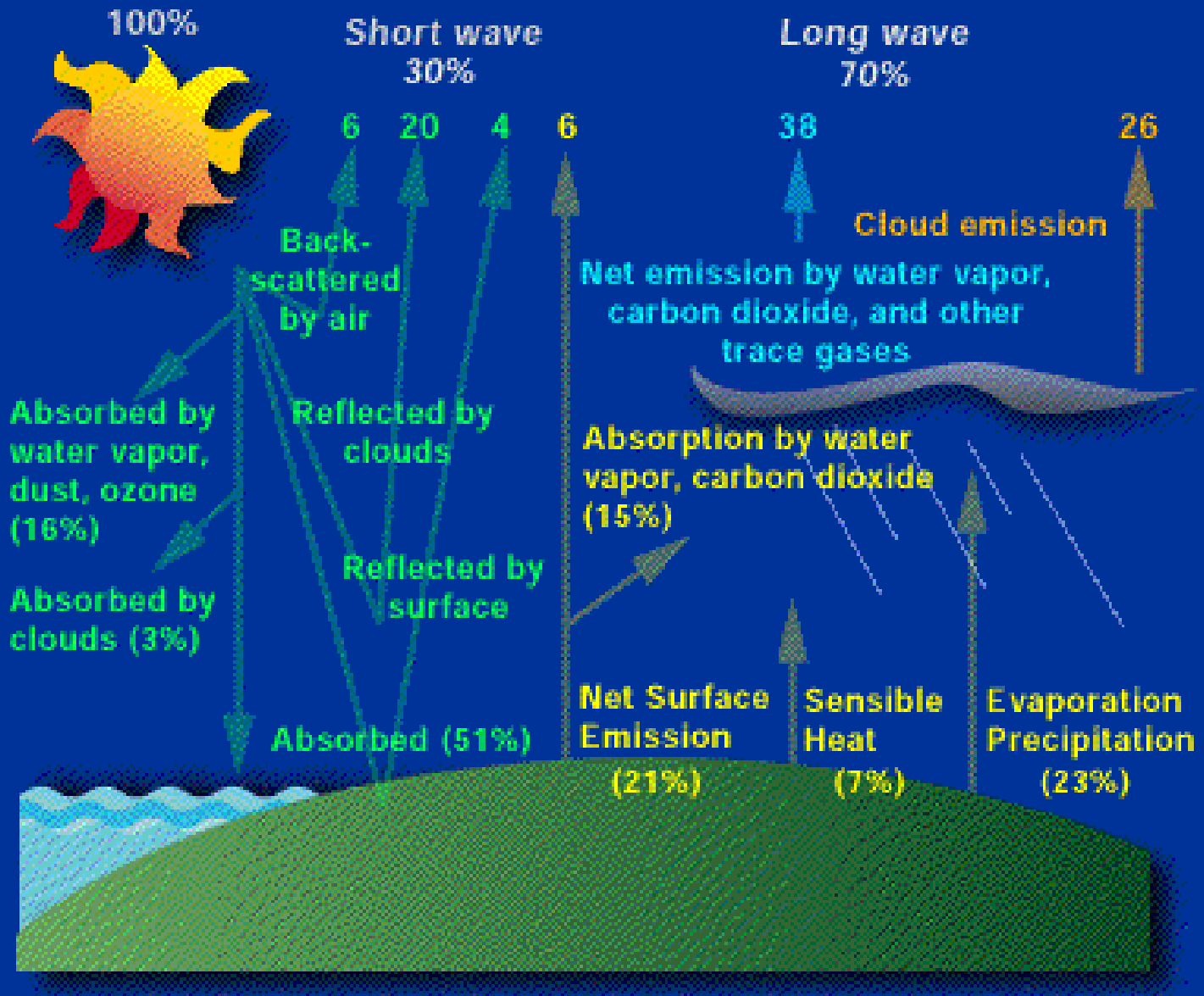
**Figure 2**

# Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ΗΜΑ)

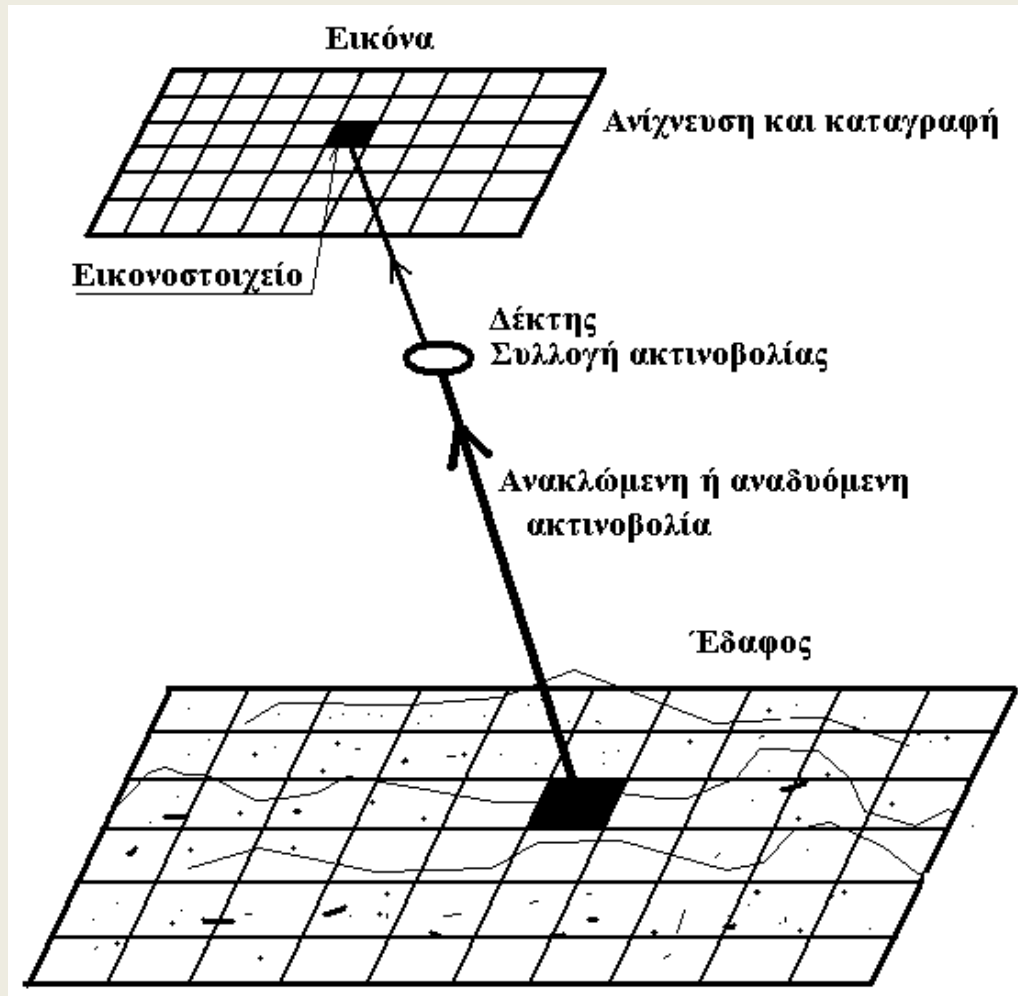


**INCOMING SOLAR**

**OUTGOING**



# Συστήματα σχηματισμού εικόνας



# Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

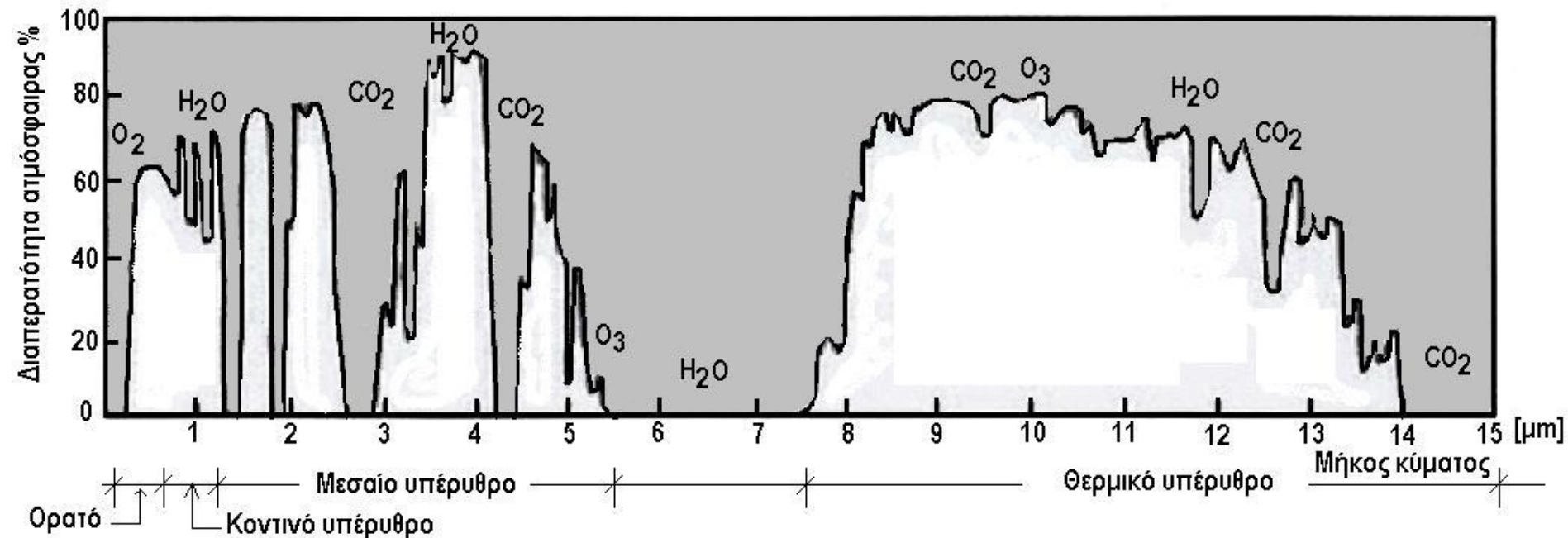
Περιοχή	Μήκος κύματος	Παρατηρήσεις
Ακτίνες Γάμμα	$<0.03\text{nm}$	Υψηλής διεισδυτικότητας
Ακτίνες Χ	$0.03\text{ nm} - 3\text{ nm}$	Μεγάλης διεισδυτικότητας
Υπεριώδες UV	$0.03\mu\text{m} - 0.4\mu\text{m}$	Απορροφάται από το όζον
Φωτογραφική UV	$0.3\mu\text{m} - 0.4\mu\text{m}$	Αποτυπώνεται σε φιλμ και ανιχν
Ορατό Μπλε Πράσινο Κόκκινο	$0.4\mu\text{m} - 0.7\mu\text{m}$ $0.4\mu\text{m} - 0.5\mu\text{m}$ $0.5\mu\text{m} - 0.6\mu\text{m}$ $0.6\mu\text{m} - 0.7\mu\text{m}$	Αποτυπώνεται σε φιλμ και ανιχνεύεται με ανιχνευτές
Κοντινό υπέρυθρο NIR	$0.7\mu\text{m} - 1.4\mu\text{m}$	Χαρτογράφηση βλάστησης
Μεσαίο υπέρυθρο	$1.4\mu\text{m} - 3.0\mu\text{m}$	
Μακρινό υπέρυθρο (θερμικό)	$3.0\mu\text{m} - 1.0\text{mm}$	
Μικροκύματα	$1.0\text{mm} - 1.0\text{m}$	Ραντάρ, τηλεπικοινωνίες
Βιομηχανικά κύματα	$>1.00\text{m}$	



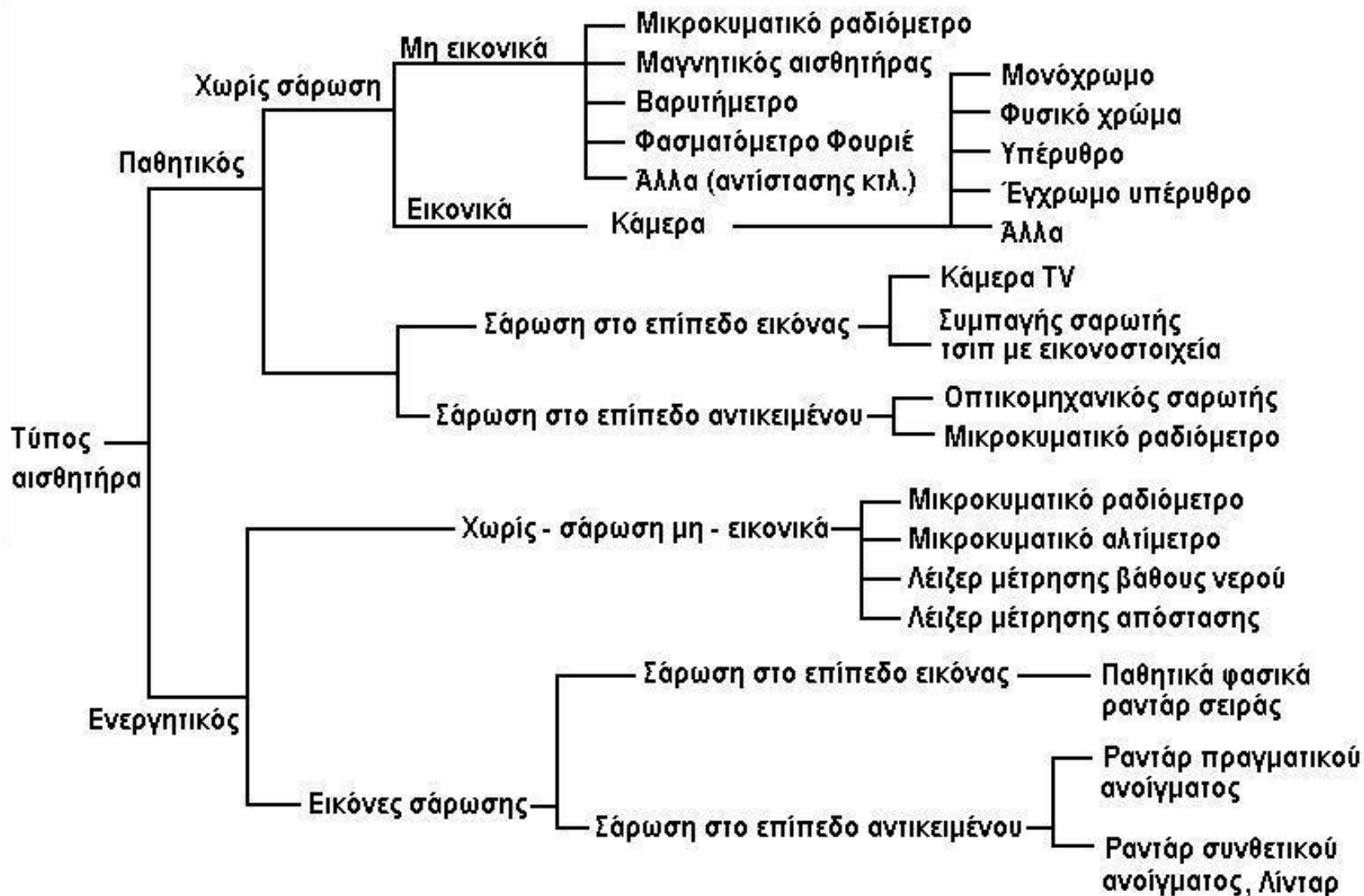
# Ποσοστά ακτινοβολίας του ήλιου

Μήκος κύματος $\lambda$ [ $\mu\text{m}$ ]	Περιοχή	Ποσοστό ακτινοβολίας
0.1 – 0.4	Υπεριώδες	7%
0.4 – 0.7	Ορατό	44%
0.7 – 1.5	Κοντινό υπέρυθρο	37%
1.5 – 3.0	Μεσαίο υπέρυθρο	11%
3.0 - 100	Μακρινό υπέρυθρο	1%

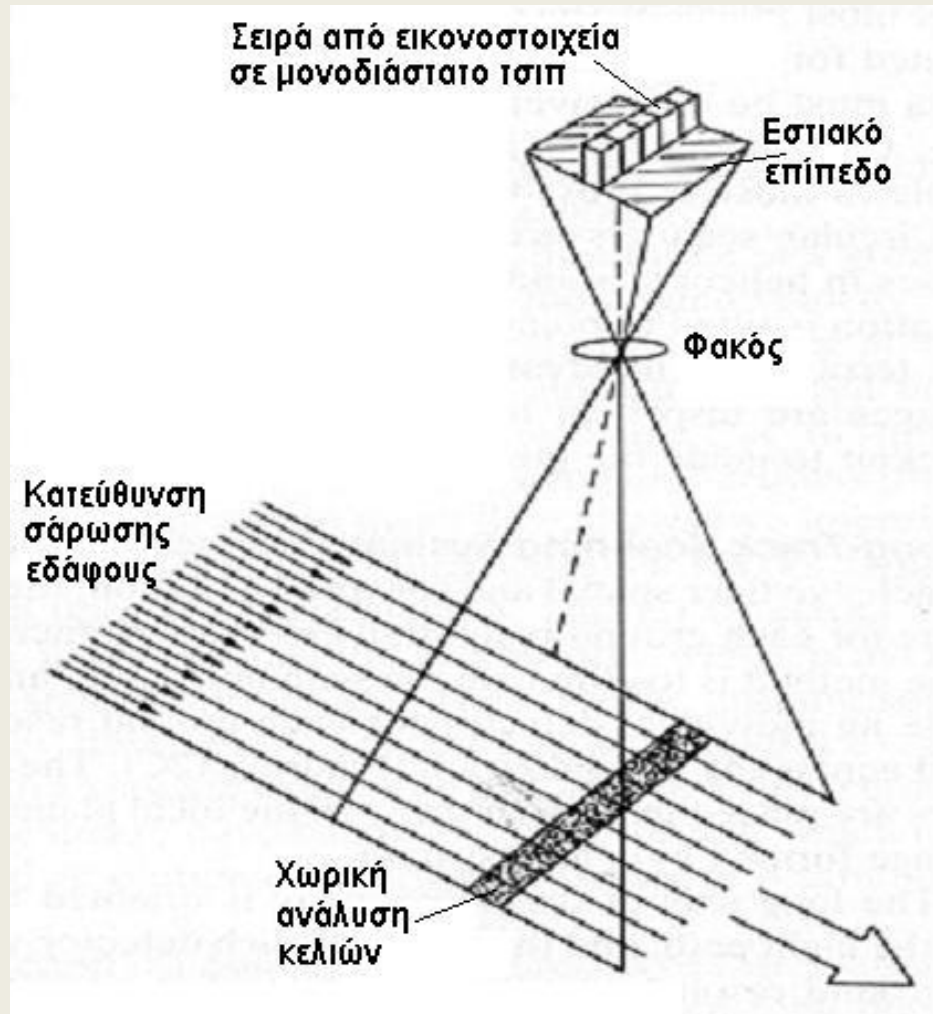
# Παράθυρα διαπερατότητας της ατμόσφαιρας από την ΗΜΑ



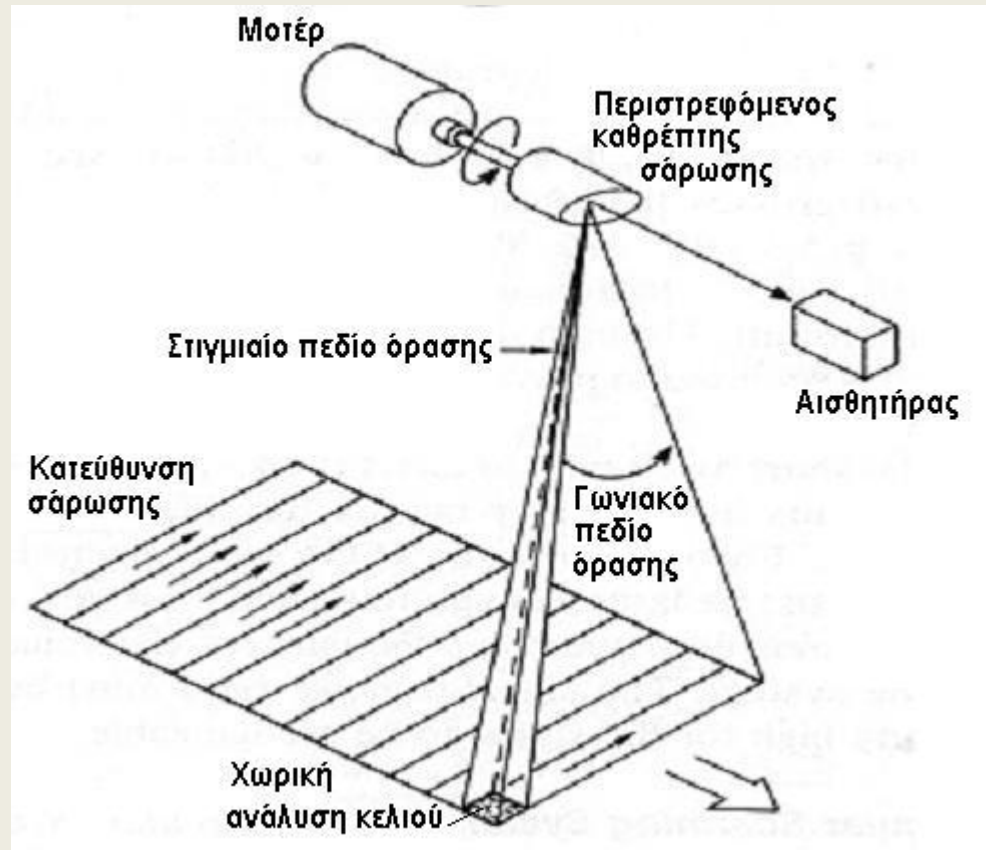
# Δορυφορικές εικόνες



# Κατά μήκος της τροχιάς σάρωση εδάφους



# Σύστημα οπτικομηχανικής σάρωσης

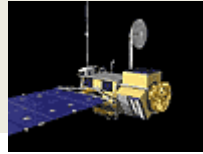


# Πλατφόρμες

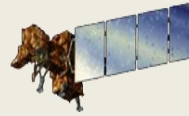


# Global Measurements

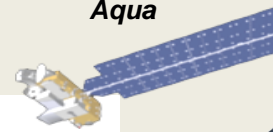
TOPEX/Poseidon



Landsat 7



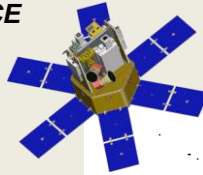
Aqua



Sage



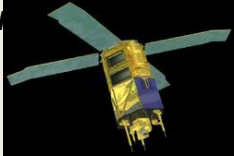
SORCE



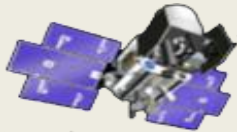
QuikScat



SeaWiFS



IceSat



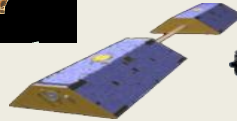
SeaWinds



ERBS



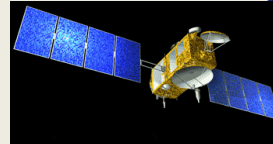
Grace



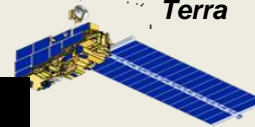
UARS



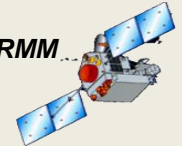
Jason



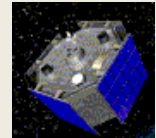
Terra



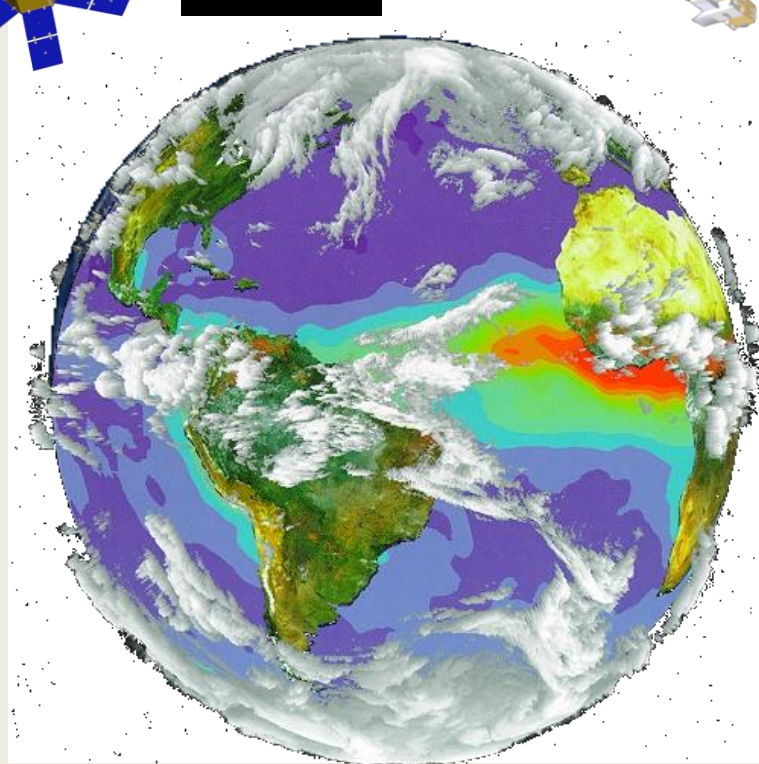
TRMM



ACRIMSAT

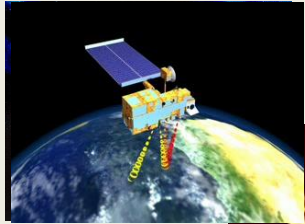


Toms-EP

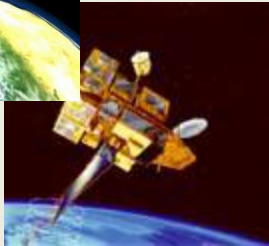


# Earth Science Measurement (with partners)

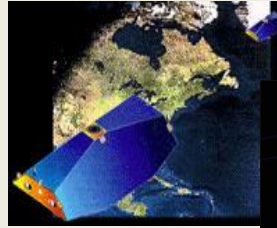
## Spaceborne Systems - Global Measurements



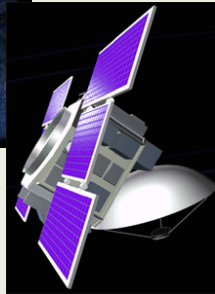
Terra



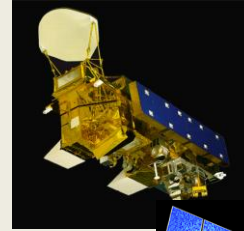
SeaWinds



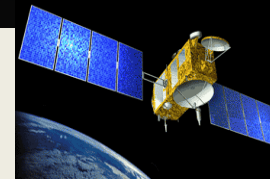
GRACE



Cloudsat



Aqua



Jason-1



Aura



ICESat

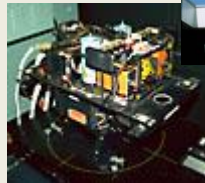
## Airborne & In Situ Systems - Local Measurements



AVIRIS



MAMS



MASTER



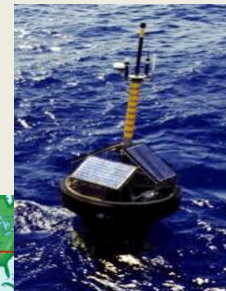
AERONET



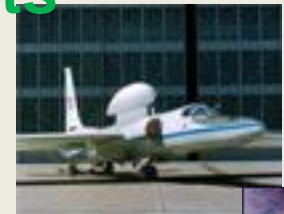
Proteus



GTE/TRACE-P



MOBY



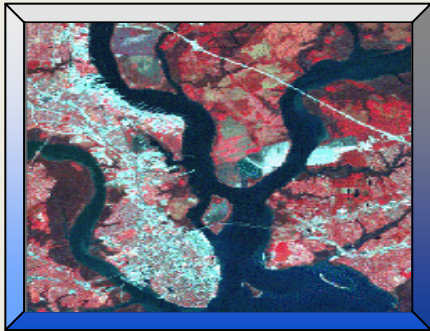
STARLink



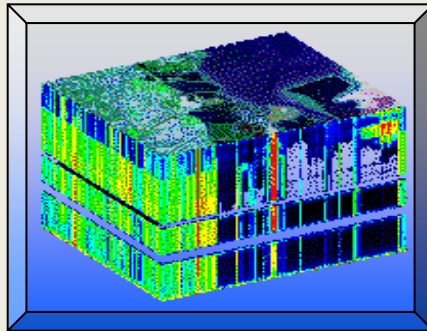
AOCI



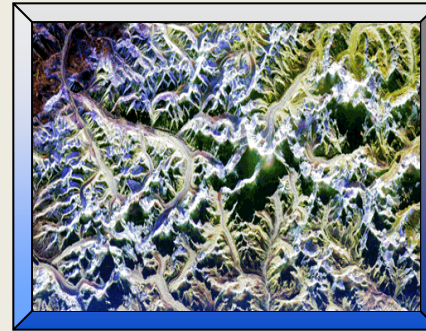
# Multiple Remote Sensing approaches



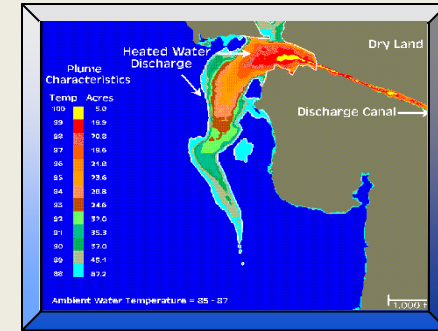
**Multispectral**



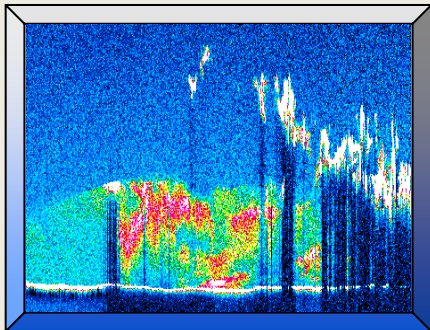
**Hyperspectral**



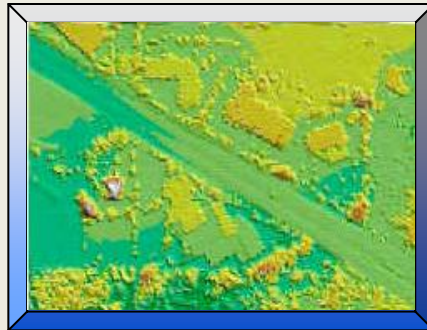
**RADAR / SAR**



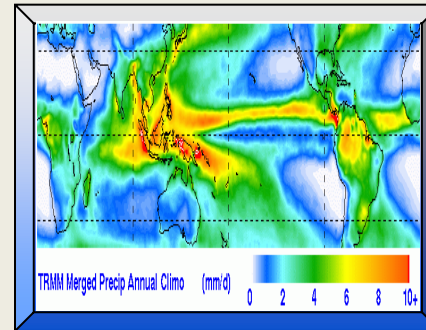
**Thermal**



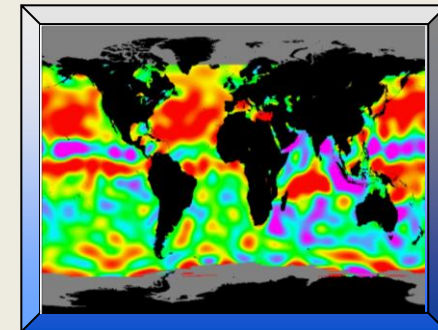
**Atmospheric LIDAR**



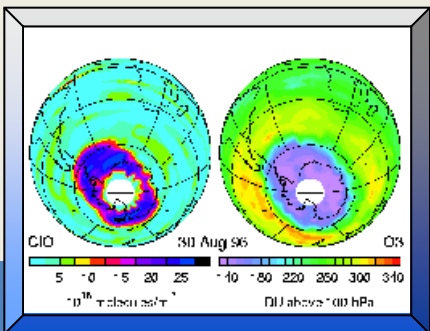
**Surface LIDAR**



**Passive Microwave**



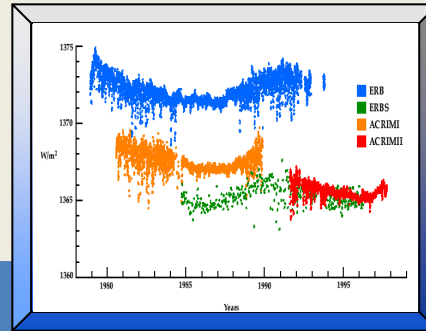
**RADAR Altimetry**



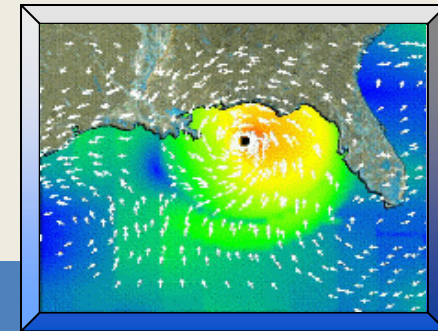
**Limb Sounding**



**Microwave Ranging**



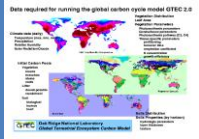
**Irradiance/Photometry**



**Scatterometry**

# Earth System Models

## LAND



**GTEC**  
Terrestrial  
Ecosystem Carbon

**Mosaic** Energy, water fluxes  
**CENTURY** Land change/carbon  
**VolQuake** Seismicity  
**HSPF** Nutrient transport  
**ANIMO** Soil nitrogen cycle  
**PRMS** Precipitation run-off  
**MAESTRO** Canopy biomass

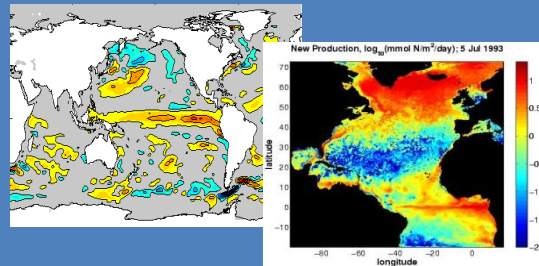
### Catchment LSM

Soil Moisture  
Transport



## OCEANS/ICE

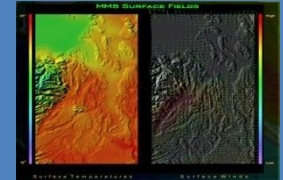
**ROMS** Regional circulation  
**MOM3** Multi-scale ocean  
**CSIM4** Sea-ice  
**NWW3** Global/regional waves  
**BOM** Coastal & shelf seas  
**GOTM** Turbulence & mixing



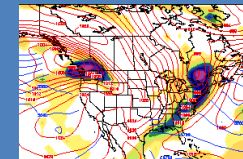
**Poseidon, HYCOM**  
Ocean GCM

## ATMOSPHERE

**MM5**  
Mesoscale  
Meteorology



**CAM/CCM** Global climate  
**GISS GCM** Climate change  
**BEIS** Biogenic emissions  
**MSISE** Density, temperature  
**VAFTAD** Volcanic ash  
**PRECIS** Regional climate



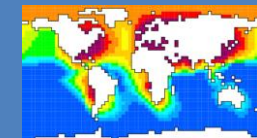
**Aries/GEOS**  
Atmos. GCM



**COUPMODEL**  
Soil-Plant-Atmosphere

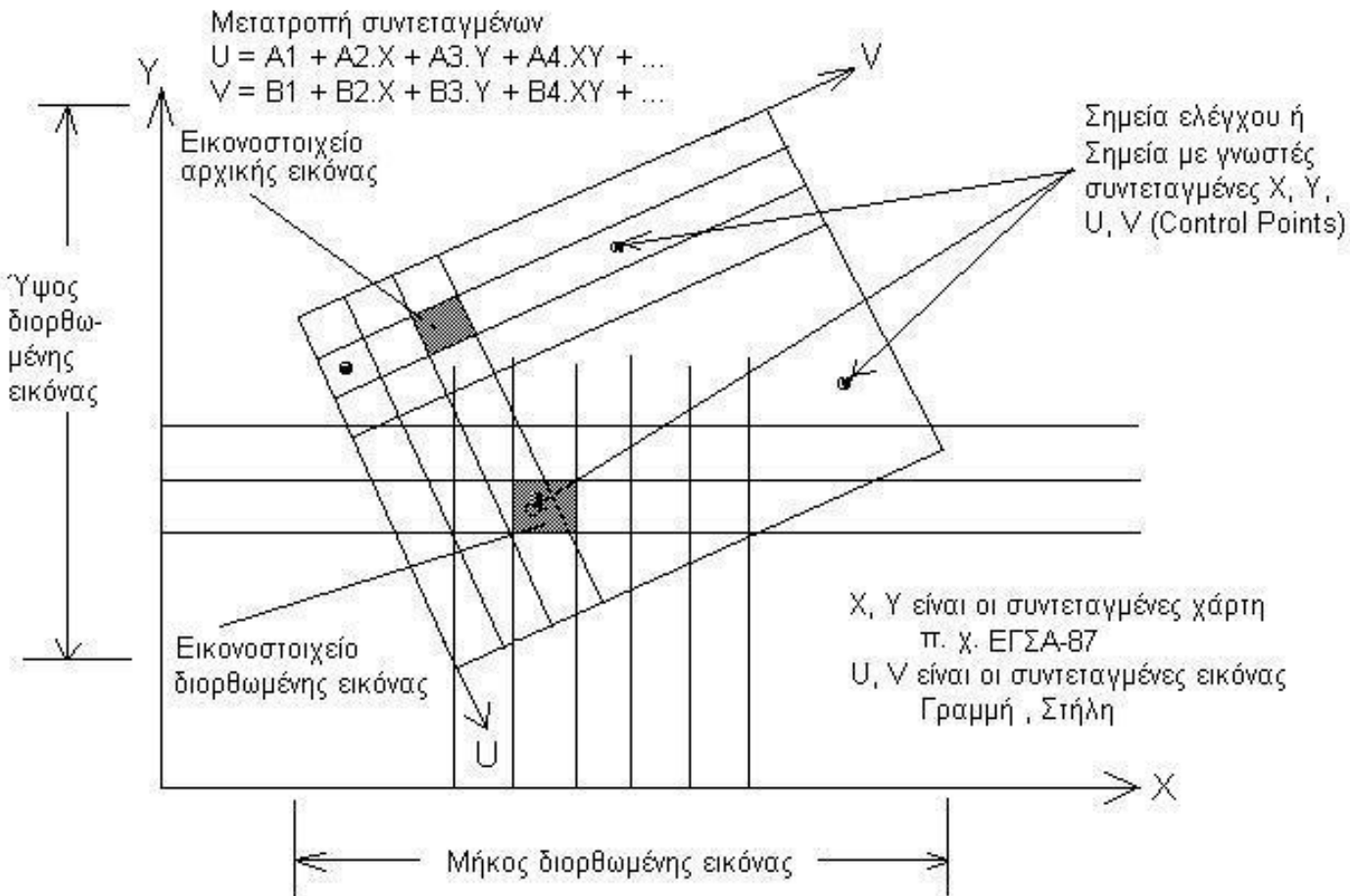
## COUPLED MODELS

**LOIS** Land-Ocean  
**HadCM3** Ocean-Atmosphere  
**COLA** Atmosphere-Land/Biosphere  
**ZEUS, CCSM** Land-Ocean-Ice-Atmosphere



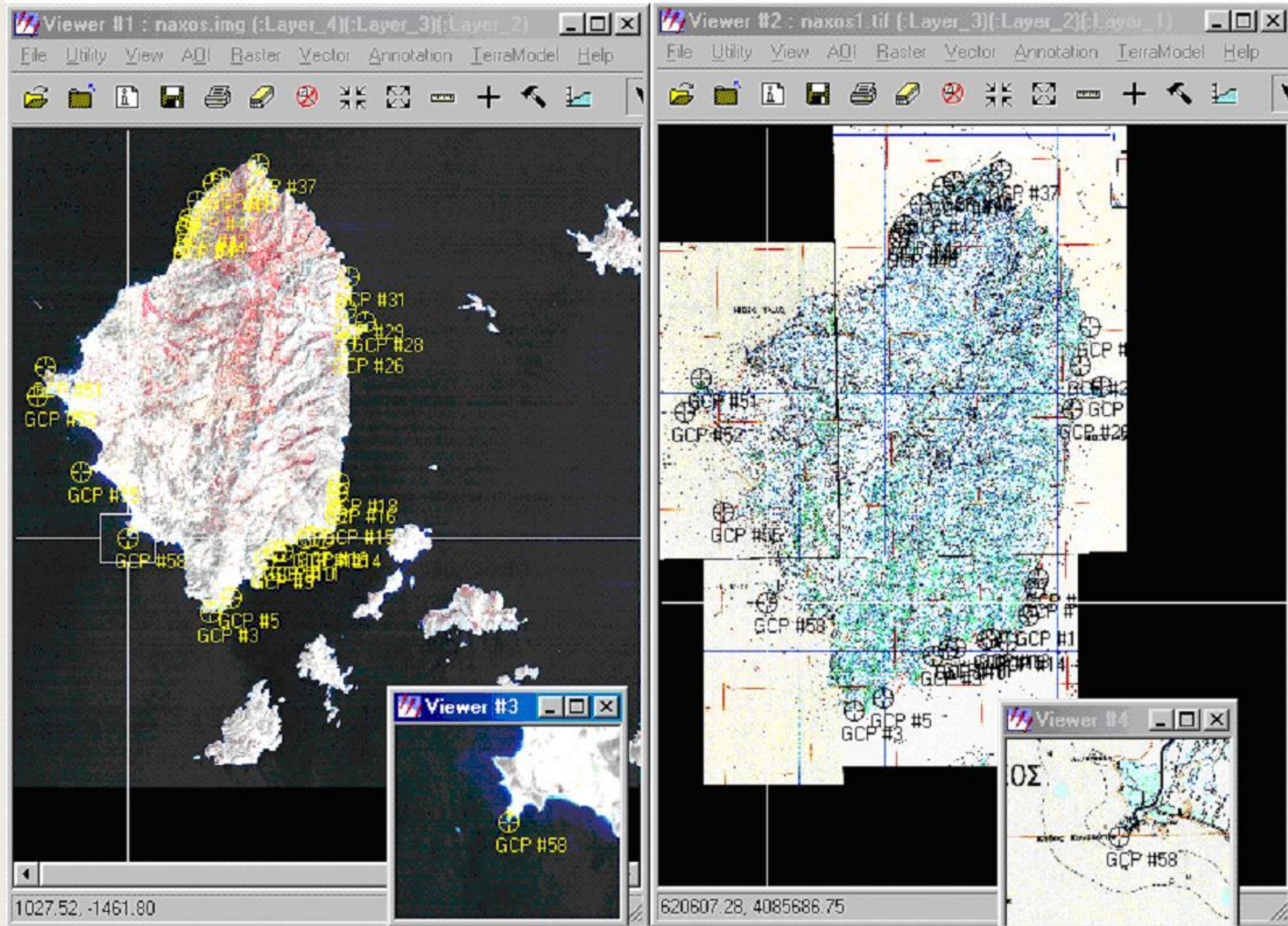
**AOM**  
Atmosphere-Ocean

# Γεωμετρική διόρθωση - γεωαναφορά

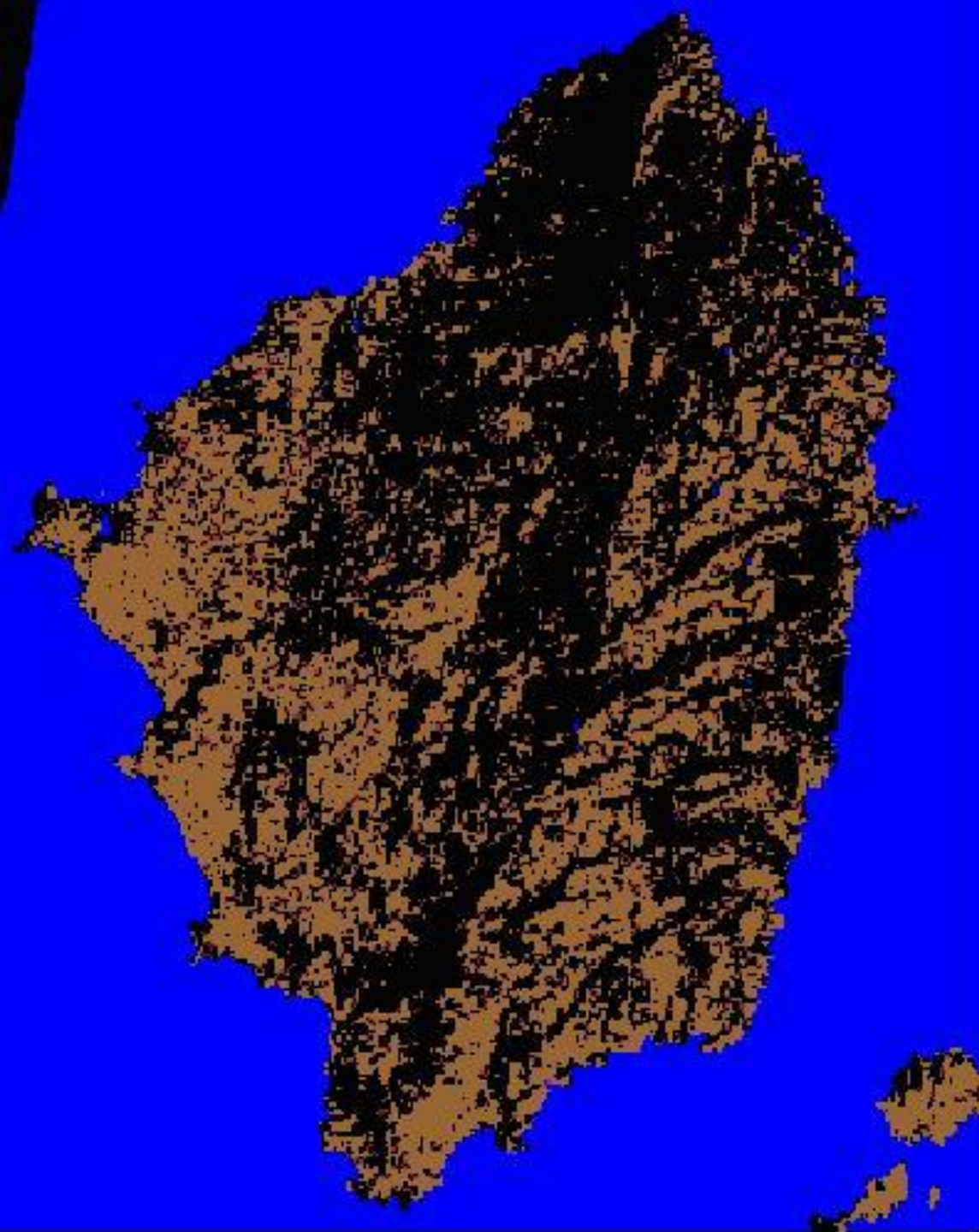


○	○	○
○	Σημείο (U, V) ● Κέντρο εικόναστοιχείου	○
○	○	○

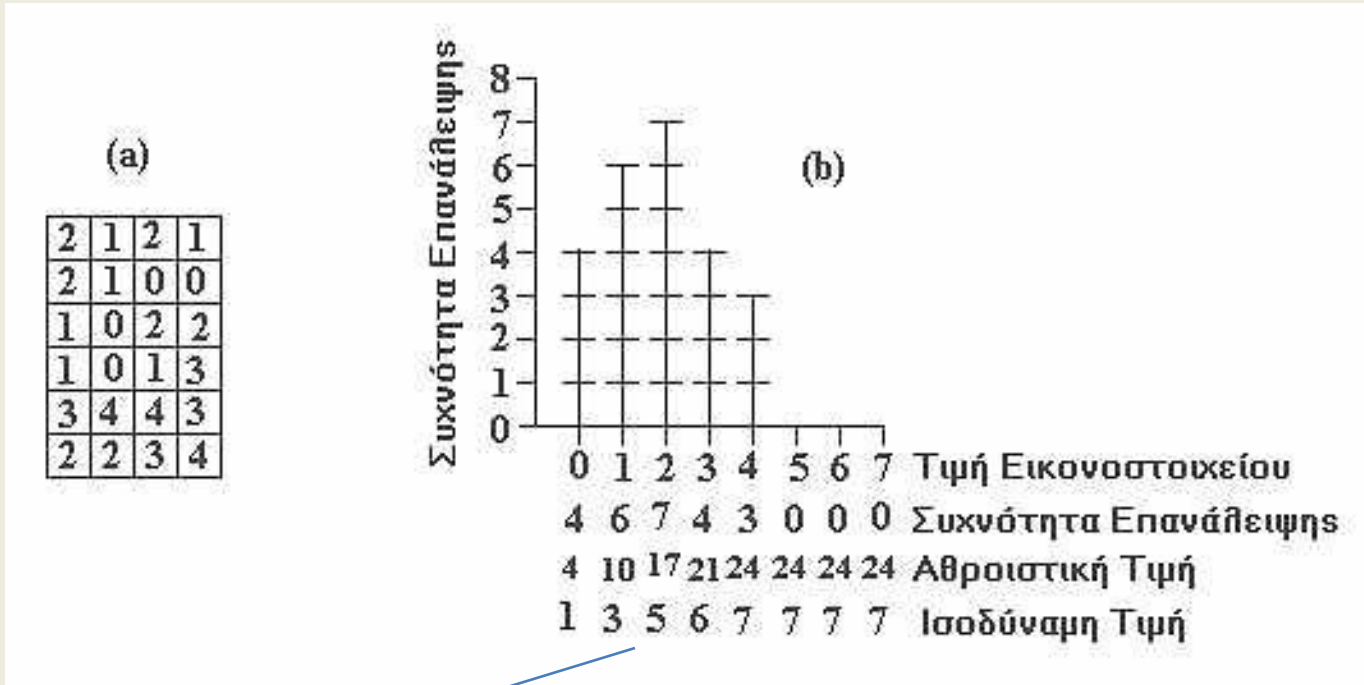
# Επιλογή σημείων ελέγχου



# γεωαναφορά



# Ραδιομετρική διόρθωση – ενίσχυση εικόνας



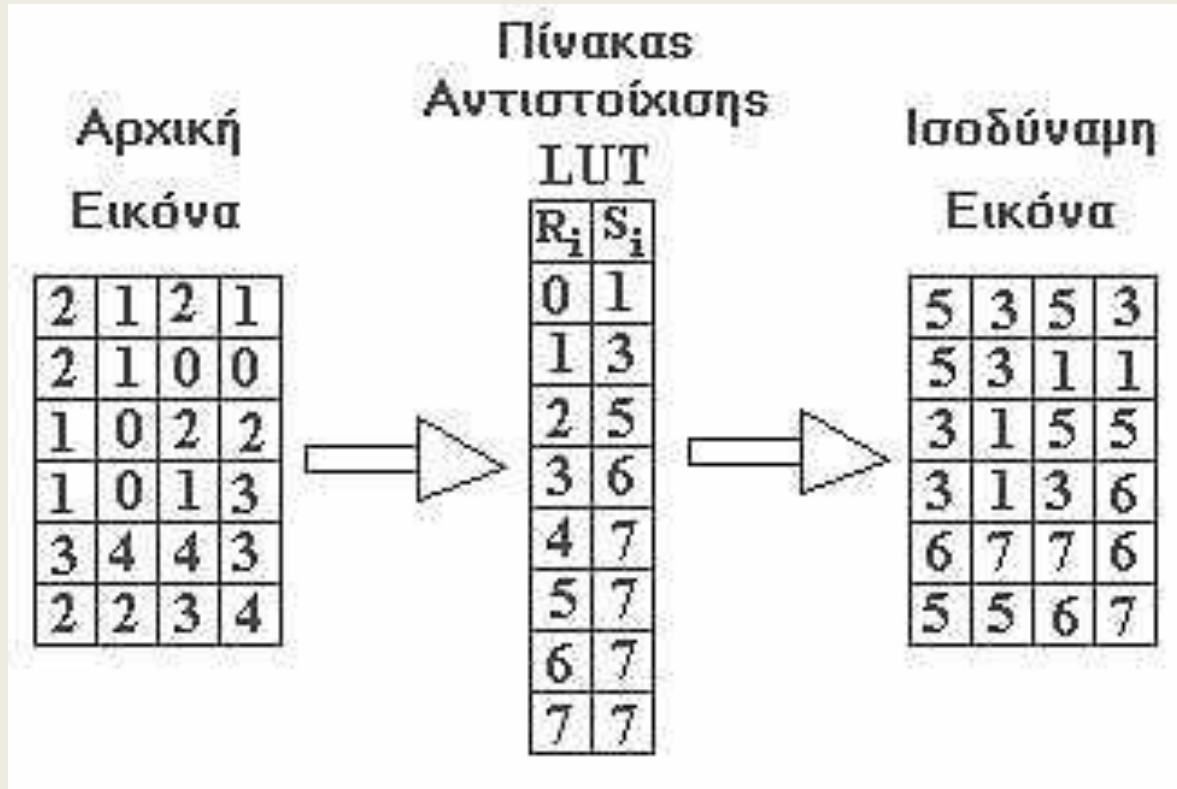
$$S_i = (N - 1) \frac{P_i}{M}$$

Look Up Table – LUT - Πίνακας αντιστοίχισης συνάρτηση  $g$  ώστε  $S = g(R)$

# Περιοχή ενδιαφέροντος

- Η ραδιομετρική ενίσχυση διατηρεί την ανεπεξέργαστη εικόνα και δημιουργεί ένα πίνακα αντιστοίχισης (LUT) με βάση του οποίου γίνεται ο μετασχηματισμός της τιμής των αρχικών DN μόνο όταν προβάλλονται στην οθόνη του Η/Υ ή όταν γίνεται εκτύπωση.
- Η ραδιομετρική ενίσχυση μπορεί να εφαρμοστεί σε μέρος ή σε ολόκληρη την εικόνα. Σε περίπτωση που εφαρμόζεται σε μέρος της εικόνας, τότε επιλέγουμε το μέρος αυτό σαν *περιοχή ενδιαφέροντος (Area Of Interest - AOI)*

# Πίνακας αντιστοίχισης (LUT) για την εξίσωση ιστογράμματος



$$S_i = (N - 1) \frac{P_i}{M}$$

Όπου  $N = 2^n$ ,  $n$  είναι το δυναμικό εύρος

$M$  είναι ο συνολικός αριθμός εικονοστοιχείων στην εικόνα (γραμμές x στήλες)

$P_i$  είναι τιμές του αθροιστικού ιστογράμματος

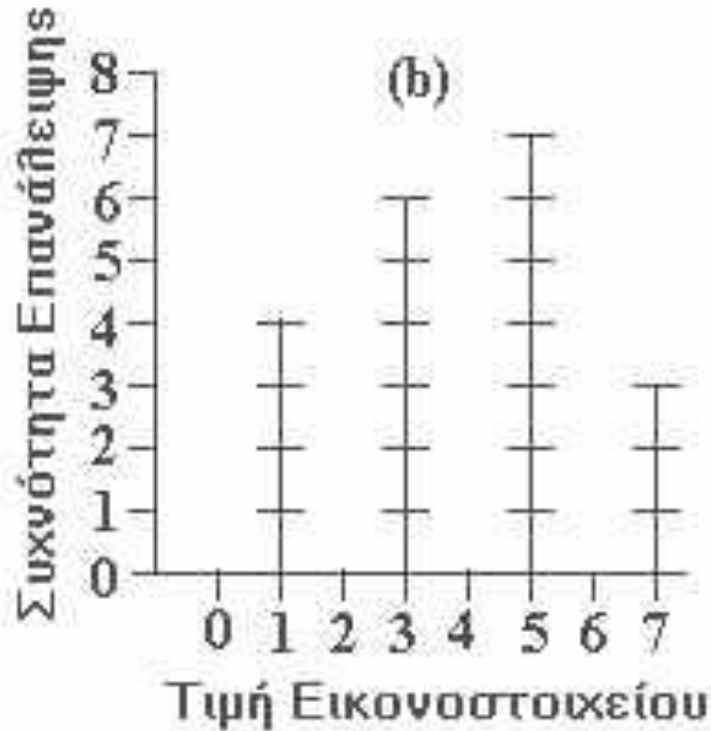


# (a) Ισοδύναμη εικόνα, και (b) αντίστοιχο ιστόγραμμα

(a)

5	3	5	3
5	3	1	1
3	1	5	5
3	1	3	6
6	7	7	6
5	5	6	7

(b)



# Συναρτησιακός μετασχηματισμός

Ο συναρτησιακός μετασχηματισμός έχει τη μορφή:

$$S_i = g(R_i)$$

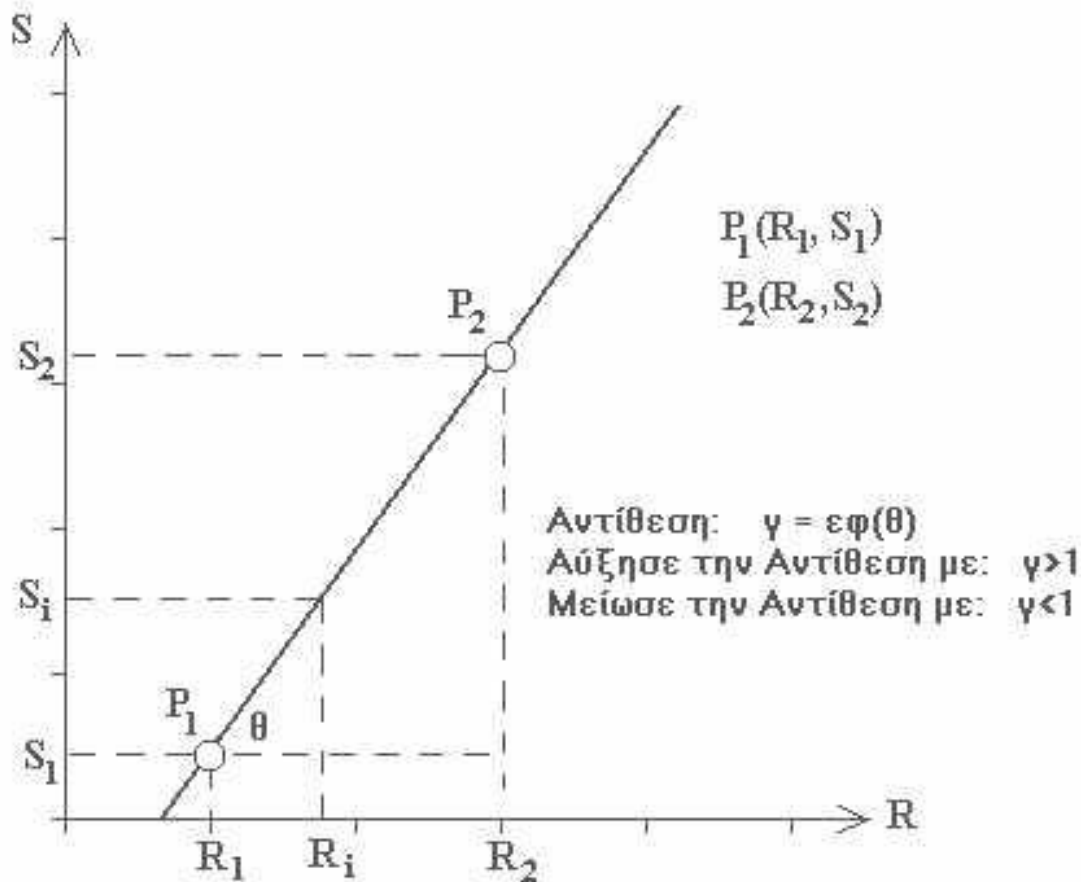
όπου  $R_i$  είναι οι αρχικές τιμές των εικονοστοιχείων  
 $S_i$  είναι οι μετασχηματισμένες τιμές και  
 $g$  είναι η συνάρτηση μετασχηματισμού.

Η συνάρτηση μετασχηματισμού  $g$  μπορεί να είναι οποιαδήποτε επιθυμητή συνάρτηση. Η πιο απλή συνάρτηση είναι η γραμμική που έχει τη μορφή

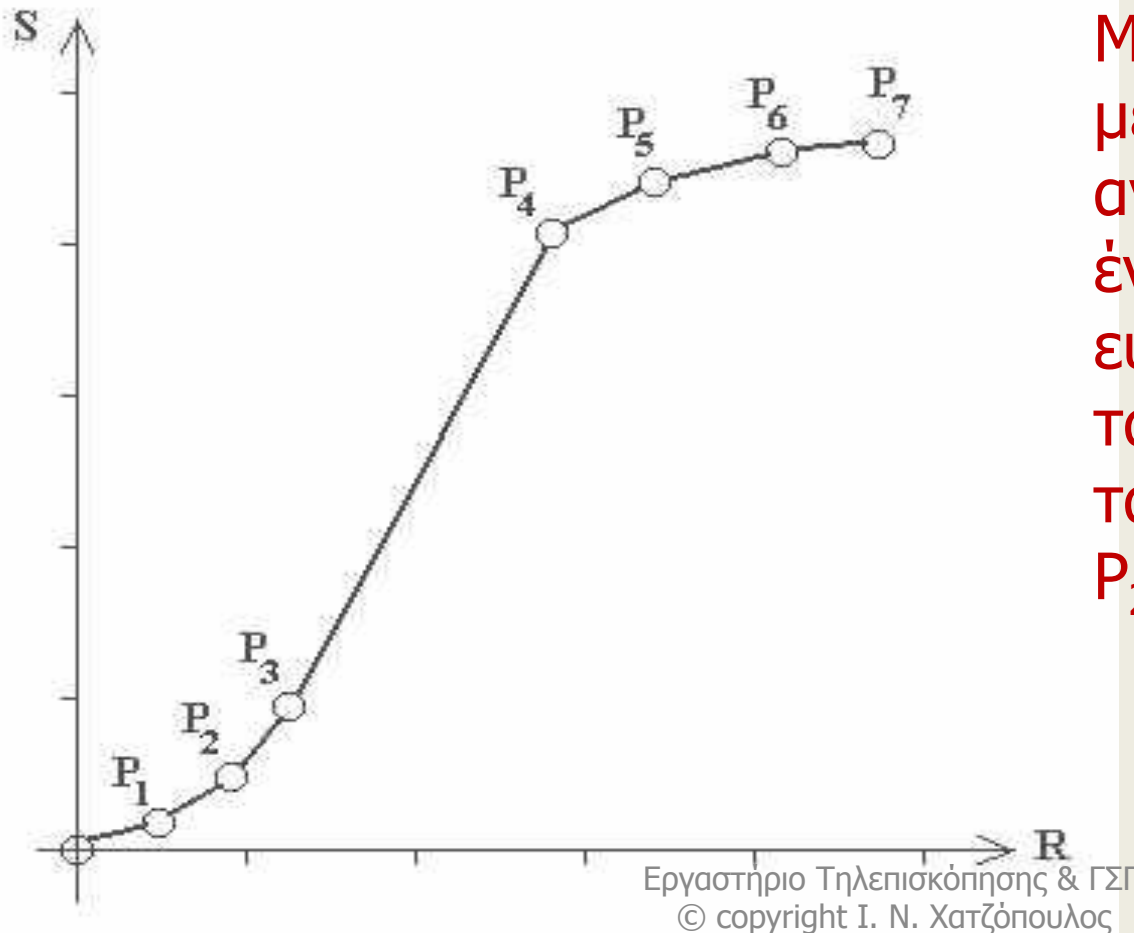
$$S = aR + b$$

# Γραμμικό τέντωμα

$$\frac{R_2 - R_1}{S_2 - S_1} = \frac{R_i - R_1}{S_i - S_1}, \quad \eta \quad S_i = \frac{S_1(R_2 - R_1) + (S_2 - S_1)(R_i - R_1)}{R_2 - R_1}$$



# Συναρτησιακός μετασχηματισμός με διαδοχικό γραμμικό τέντωμα

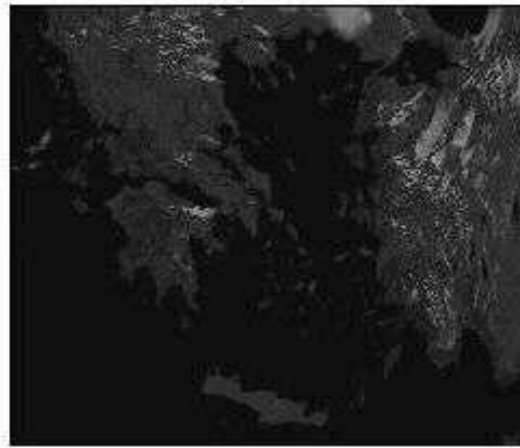
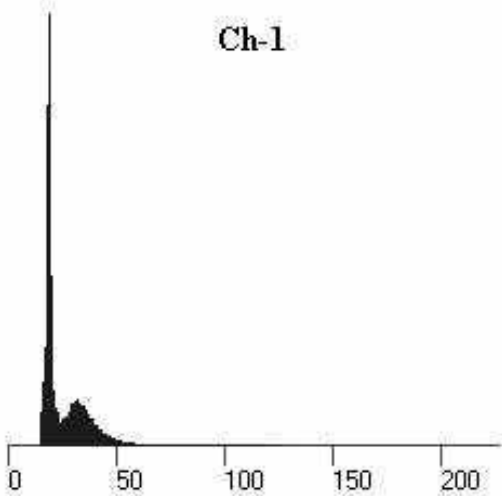


Μια συνάρτηση μετασχηματισμού  $g$  αντιπροσωπεύεται από ένα αριθμό ευθύγραμμων τμημάτων τα οποία ορίζονται από τα σημεία  $P_1(R_1, S_1)$ ,  $P_2(R_2, S_2)$ , ...,  $P_7(R_7, S_7)$

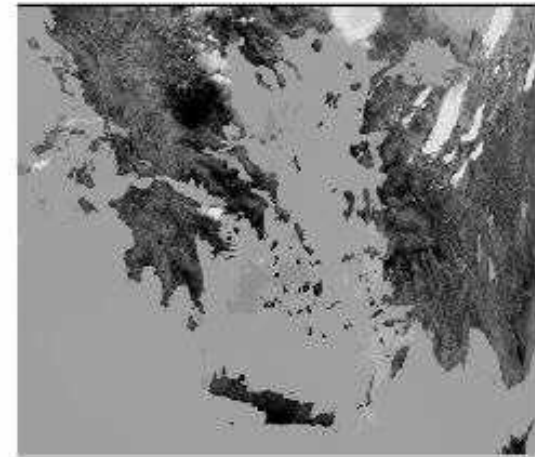
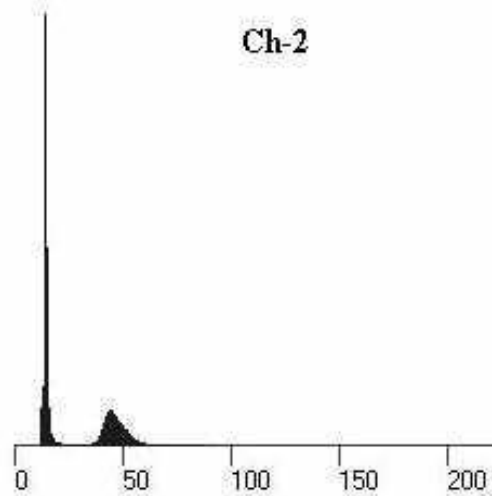
# Παράδειγμα: εικόνες με τα κανάλια 1, 2, και 3 του NOAA – 14 AVHRR



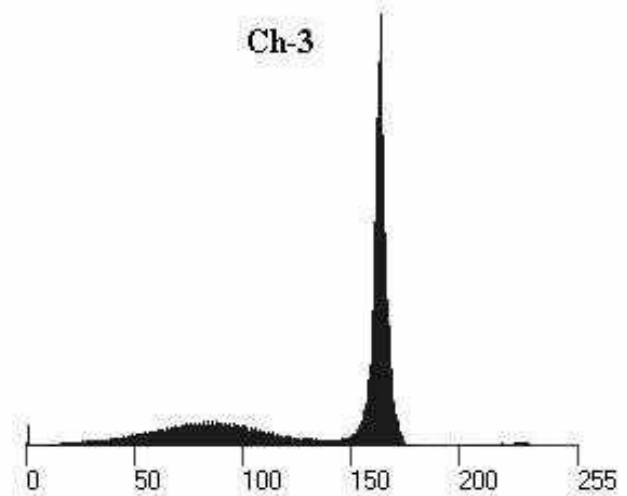
Ch-1



Ch-2



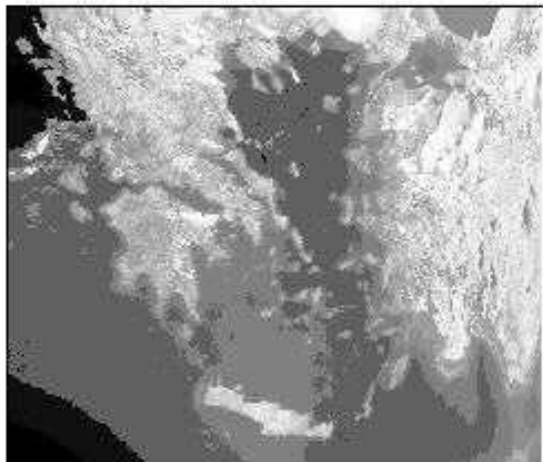
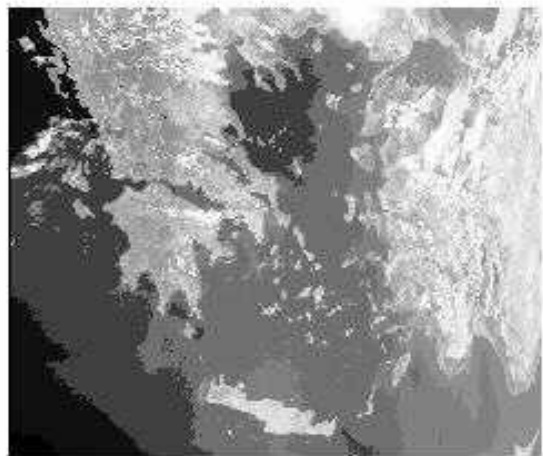
Ch-3



# τα κανάλια του NOAA – 14 AVHRR

Κανάλι	Περιγραφή	Εύρος (μm)
Κανάλι 1	Ορατό	0.58-0.68
Κανάλι 2	Ανακλώμενο Εγγύς Υπέρυθρο	0.725-1.05
Κανάλι 3	Μεσαίο Υπέρυθρο	3.55-3.92
Κανάλι 4	Θερμικό Υπέρυθρο	10.3-11.3
Κανάλι 5	Θερμικό Υπέρυθρο	11.5-12.5

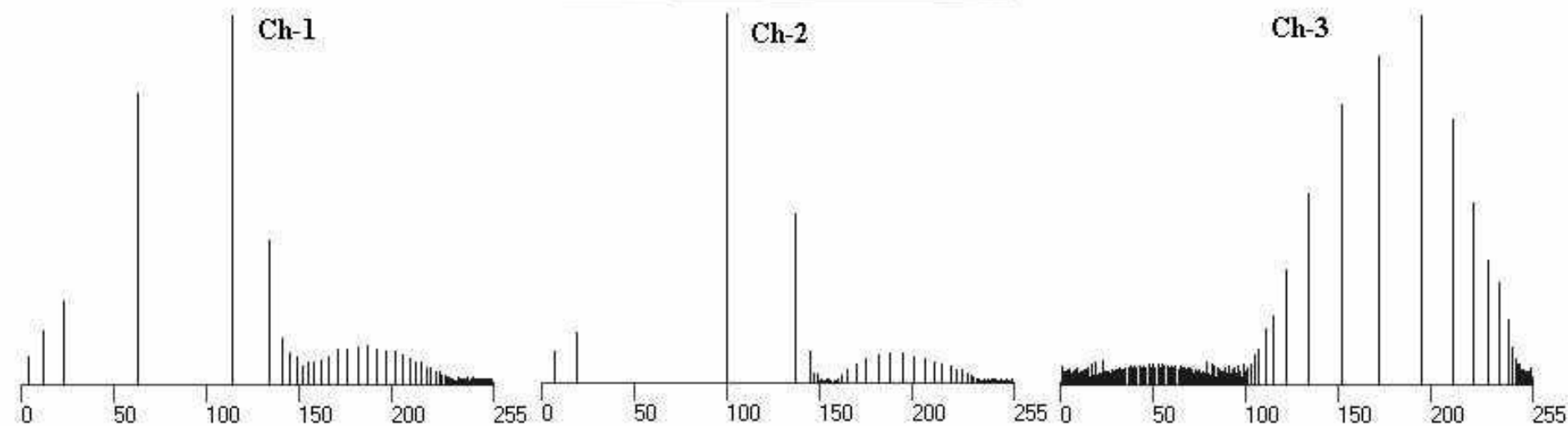
# Εξισορρόπηση ιστογράμματος



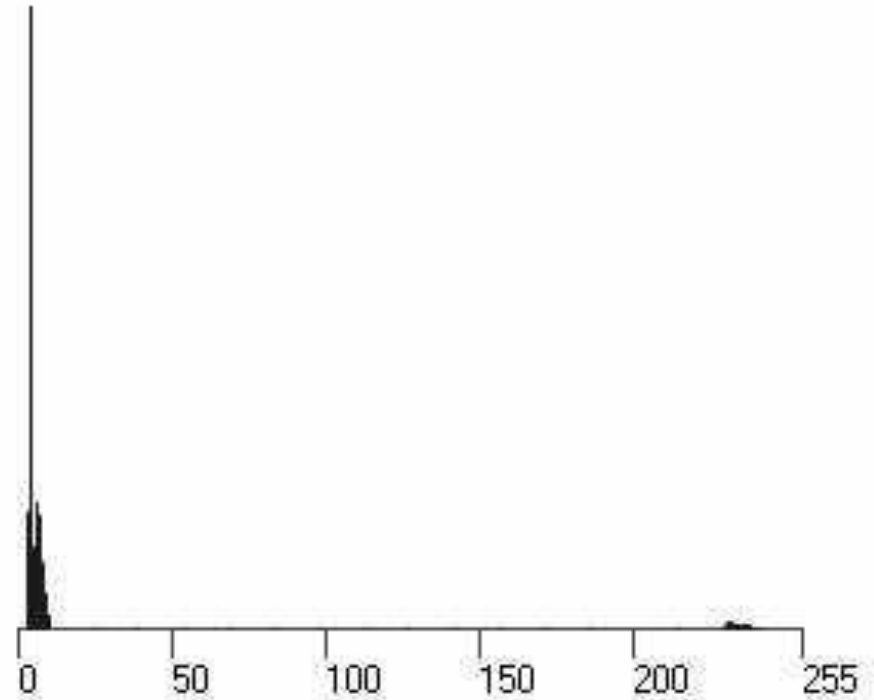
Ch-1

Ch-2

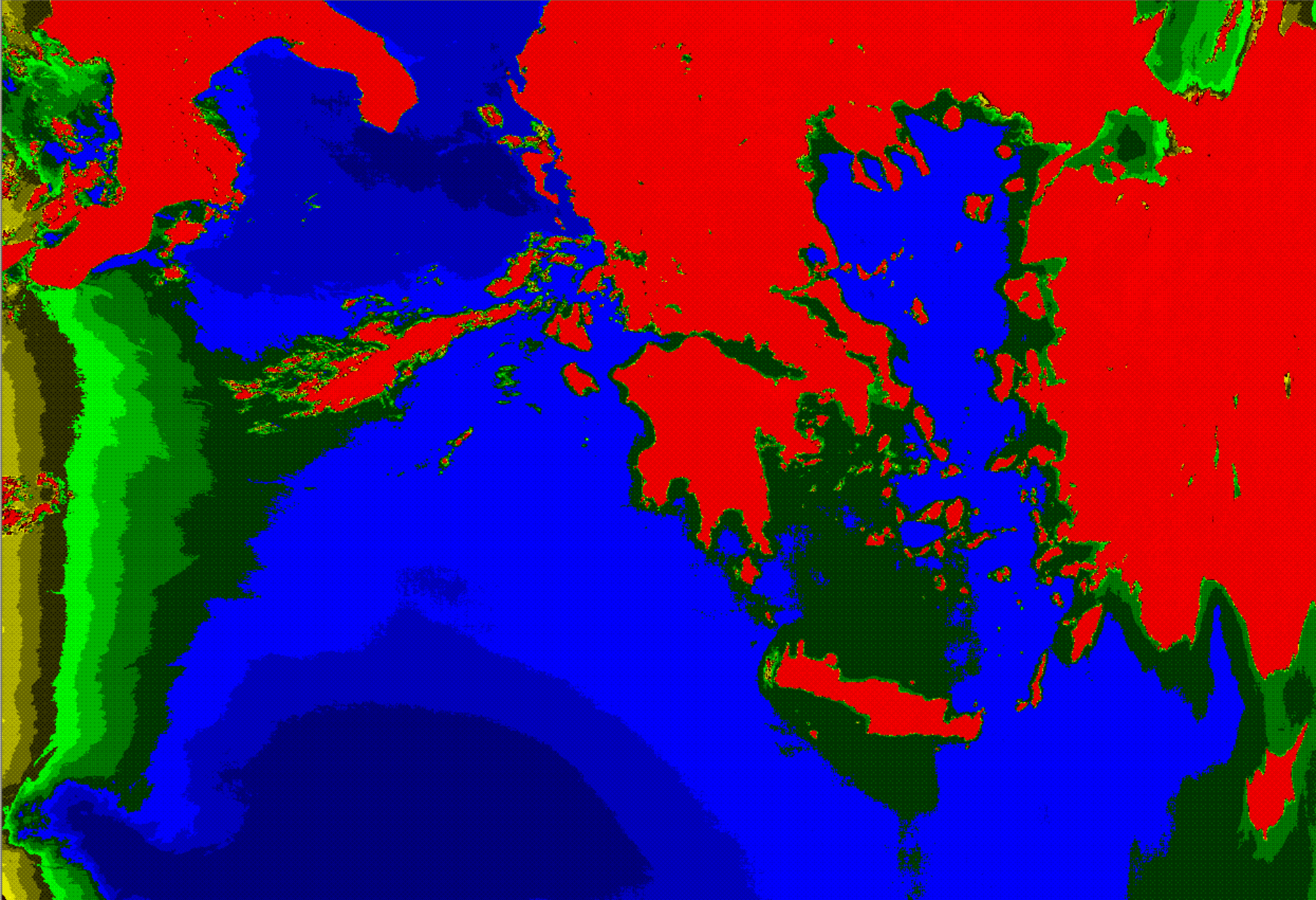
Ch-3

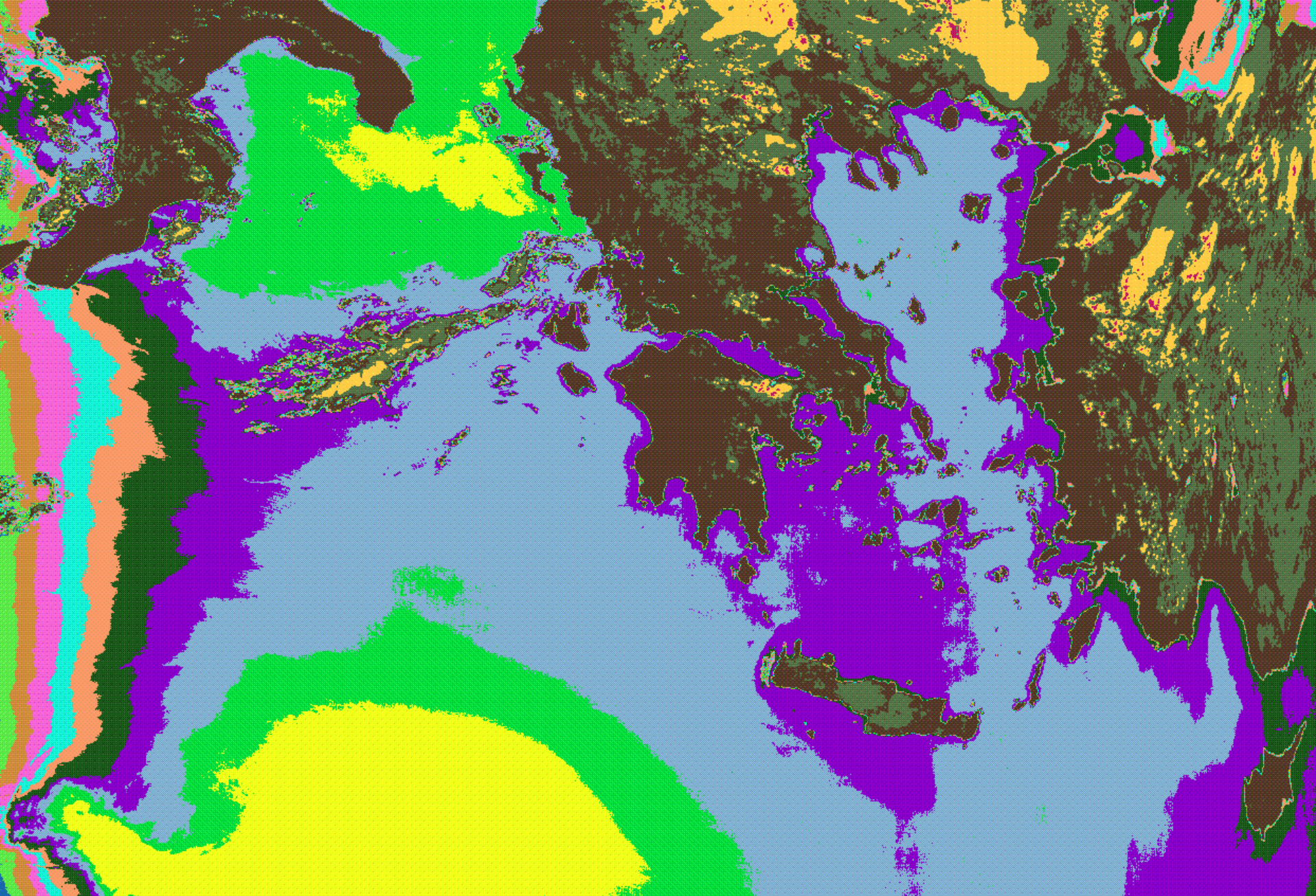


# Γραμμικά τεντωμένη εικόνα από το 1<sup>ο</sup> κανάλι μεταξύ DN=50 και DN=65, αποκαλύπτει τα νέφη

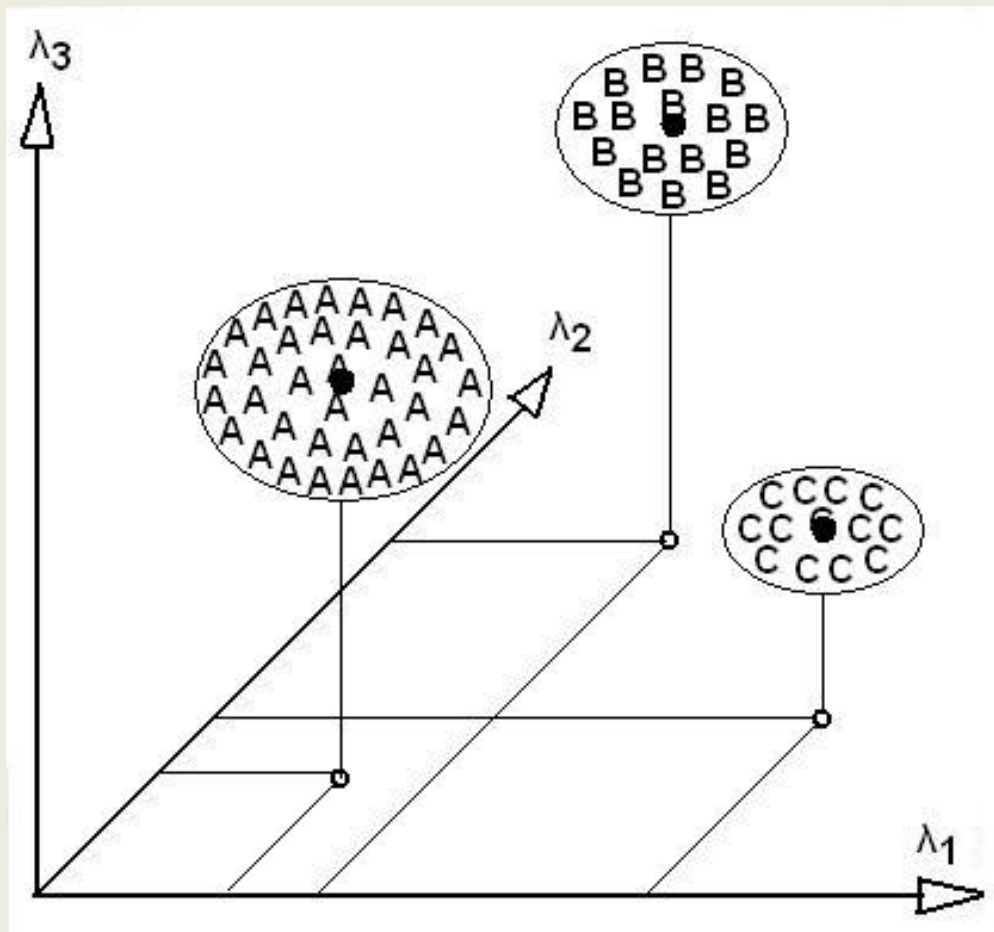








# Ταξινομήσεις



Η διαδικασία αυτή βασίζεται στο ότι στο φασματικό χώρο της εικόνας δημιουργούνται **συσσωρεύσεις (clusters)** – ελλείψεις, ελλειψοειδή, υπερελλειψοειδή

# Παράδειγμα Ταξινόμησης

Μία εικόνα του Landsat TM αποτελείται από 10 γραμμές επι 10 στήλες. Οι ψηφιακές τιμές που ακολουθούν με 3-bit δυναμικό εύρος είναι καταγραμμένες σε ένα αρχείο με την εξής διάταξη (BIL): 10-από το κανάλι -3 ( $\lambda=0.63$  -  $\lambda=0.69$ ), 10-τιμές από το κανάλι - 4 ( $\lambda=0.76$  -  $\lambda=0.90$ ), 10-τιμές από το κανάλι 3, 10-τιμές από το κανάλι -4, ..., κλπ.

1,2,0,1,2,5,6,5,6,7,7,7,6,6,6,7,7,6,5,6,1,0,1,3,4,7,5,6,7,7,6,6,5,5,  
5,6,5,6,5,7,0,2,1,2,3,6,5,5,6,7,5,6,6,4,4,6,6,4,4,4,1,3,4,3,2,4,5,6,  
7,6,6,4,4,4,3,4,3,3,3,3,3,3,3,3,2,7,0,1,2,4,3,3,5,4,4,3,2,2,2,2,4,  
6,6,5,5,6,0,1,0,4,4,4,3,2,3,3,1,1,1,6,6,6,5,7,6,6,2,2,1,3,2,3,3,2,2,  
,4,2,1,1,7,6,5,1,1,0,2,1,0,1,2,2,4,2,1,1,1,1,0,2,7,2,1,1,2,2,1,2,2,0,  
,3,1,1,0,0,0,0,2,1,1,1,0,0,2,1,1,1,0,1,0,2,0,1,1,0,1,0,0,1,2

Κάνε τα εξής:

(1) Συναρμολόγησε την εικόνα κάθε καναλιού

(2) Δημιούργησε το διάγραμμα συσσωρεύσεων (σχεδίασε τα στοιχεία εικόνας στο φασματικό χώρο) και ταξινόμησε την εικόνα στις εξής κατηγορίες χρησιμοποιώντας το κριτήριο της ελαχίστης απόστασης.

(α) Έντονη βλάστηση (Broad leaf vegetation)

(β) Θαλασσινό νερό (Sea water)

(γ) Βοσκότοποι (Pasture)

(δ) Ελαιώνας (Olive grows)

(ε) Αστικό περιβάλλον (Urban environment)

Σημειώστε ότι η έντονη βλάστηση έχει υψηλή ανακλαστικότητα στο κοντινό υπέρυθρο (κανάλι 4) και χαμηλή στο κόκκινο (κανάλι 3), Το θαλασσινό νερό έχει χαμηλή ανακλαστικότητα και στα δύο κανάλια, Οι βοσκότοποι έχουν υψηλή ανακλαστικότητα στο κανάλι 3 και χαμηλότερη από τη βλάστηση στο κανάλι 4, Οι ελιές βρίσκονται μεταξύ έντονης βλάστησης και βοσκοτόπων, και το αστικό περιβάλλον έχει υψηλή ανακλαστικότητα και στα δύο κανάλια.

(3) Προσδιόρισε τη φασματική υπογραφή για κάθε κατηγορία υπολογίζοντας τη μέση τιμή για κάθε κανάλι.

(4) Σχεδίασε σε θεματικό χάρτη τα αποτελέσματα της ταξινόμησης.

(5) Αν η χωρική διαχωριστική ικανότητα είναι 150 m, υπολόγισε το εμβαδόν της περιοχής που καλύπτεται από κάθε κατηγορία.

## (1) Συναρμολόγηση εικόνων

Κανάλι - 3

1,2,0,1,2,5,6,5,6,7  
1,0,1,3,4,7,5,6,7,7  
0,2,1,2,3,6,5,5,6,7  
1,3,4,3,2,4,5,6,7,6  
3,3,3,3,3,2,7,0,1,2  
2,4,6,6,5,5,6,0,1,0  
6,6,6,5,7,6,6,2,2,1  
7,6,5,1,1,0,2,1,0,1  
7,2,1,1,2,2,1,2,2,0  
1,0,0,2,1,1,1,0,1,0

Κανάλι - 4






7,7,6,6,6,7,7,6,5,6  
6,6,5,5,5,6,5,6,5,7  
5,6,6,4,4,6,6,4,4,4  
6,4,4,4,3,4,3,3,3,3  
4,3,3,5,4,4,3,2,2,2  
4,4,4,3,2,3,3,1,1,1  
3,2,3,3,2,2,4,2,1,1  
2,2,4,2,1,1,1,1,0,2  
3,1,1,0,0,0,0,2,1,1  
2,0,1,1,0,1,0,0,1,2

## (2) Clustering diagram

The number in a table cell indicates the accumulated pixels in that location

7	C		1 B	1			1 U	1	1
6	H	2	4	2			2	2	2
5	A	1	1		2	1	1	1	1
4	N			3 O	5	3	2	3	1
3	N			1	2		3 P	6	3
2	E	2	4	3			1	3	2
1	L	5 W	7	5					
0	4	3	4	2					
		C	H	A	N	N	E	L	3
		0	1	2	3	4	5	6	7

### Class categories

- (a)  **Broad leaf vegetation**
- (b)  **Sea water**
- (c)  **Pasture**
- (d)  **Olive grows**
- (e)  **Urban environment**

### (3) Spectral signature of each class category

Class category	Channel- 3	Channel- 4	Class Symbol
Broad leaf vegetation	1	6	V
Sea water	1	1	W
Pasture	6	3	P
Olive grows	3	4	O
Urban environment	6	6	U



#### (4) Thematic map with class categories

V	V	V	V	V	U	U	U	U	U
V	V	V	O	O	U	U	U	U	U
V	V	V	O	O	U	U	P	P	P
V	O	O	O	O	O	P	P	P	P
O	O	O	O	O	O	P	W	W	W
O	O	P	P	P	P	P	W	W	W
P	P	P	P	P	P	P	W	W	W
P	P	P	W	W	W	W	W	W	W
P	W	W	W	W	W	W	W	W	W
W	W	W	W	W	W	W	W	W	W

Broad leaf veg	V
Sea water	W
Pasture	P
Olive grows	O
Urban environ	U

### (5) Estimation of areas

Class category	Area
Broad leaf vegetation	$12 \times 150 \times 150 = 270000 \text{ m}^2$
Sea water	$35 \times 150 \times 150 = 787500 \text{ m}^2$
Pasture	$24 \times 150 \times 150 = 540000 \text{ m}^2$
Olive grows	$17 \times 150 \times 150 = 382500 \text{ m}^2$
Urban environment	$12 \times 150 \times 150 = 270000 \text{ m}^2$