



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΣΠ



ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΓΣΠ – 323Ε

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος
Διευθυντής Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ

© Copyright Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος

Τηλεπισκόπηση και Εφαρμογές ΓΣΠ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.

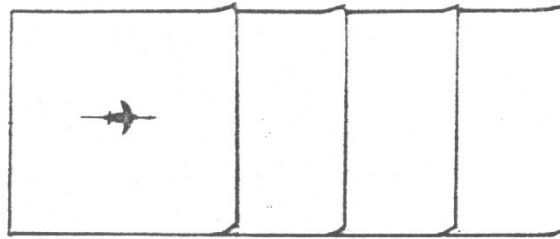


Χρηματοδότηση

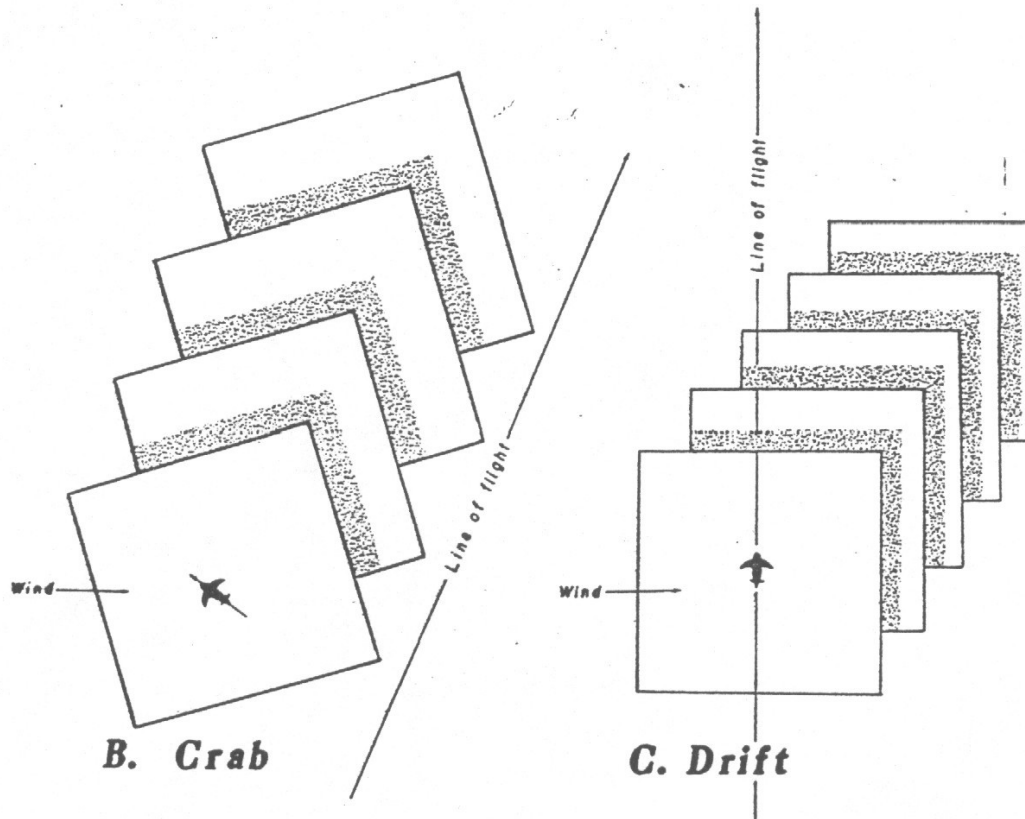
- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Index flight paths.



A. Desired pattern of flight.

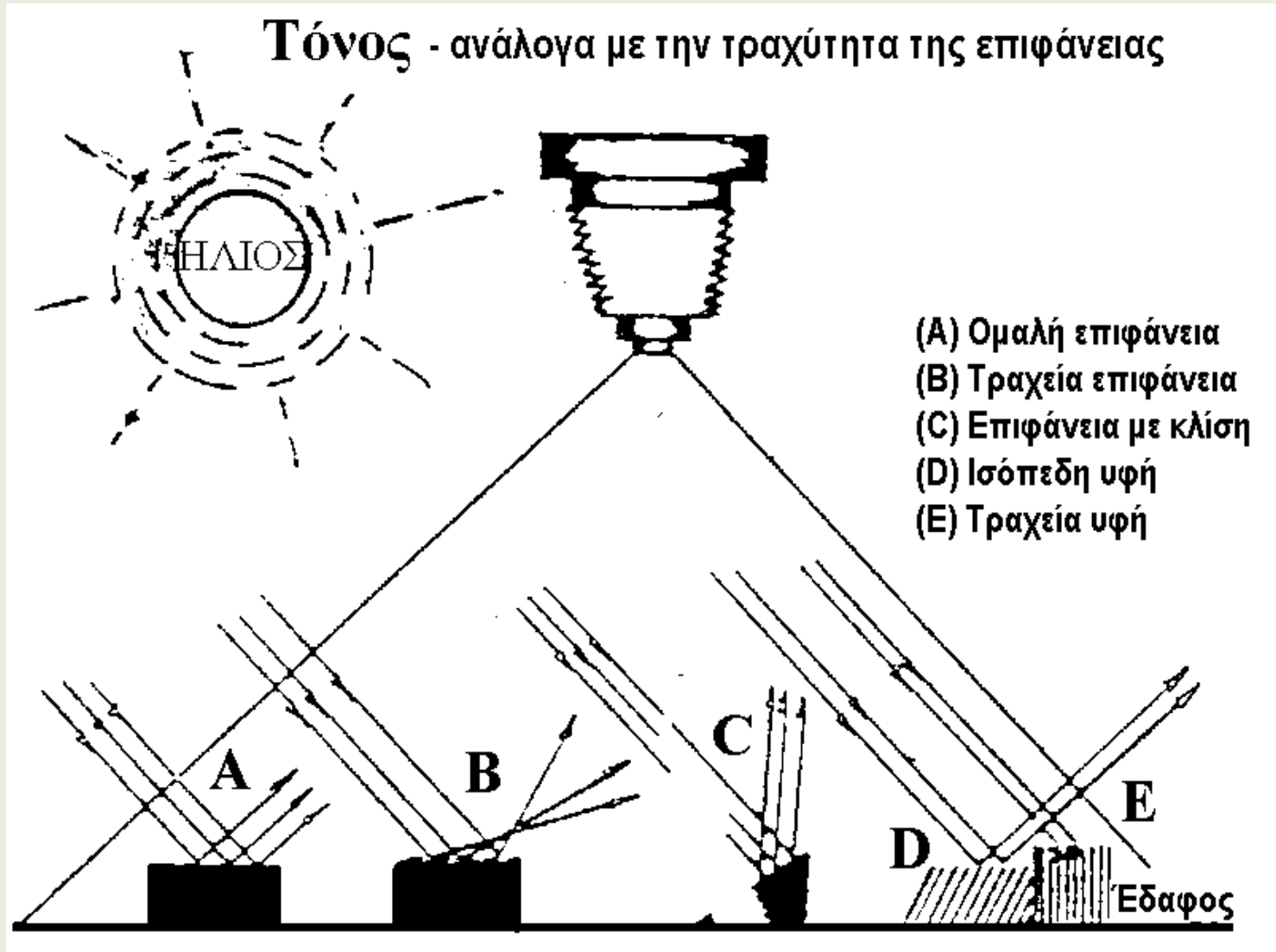


B. Crab

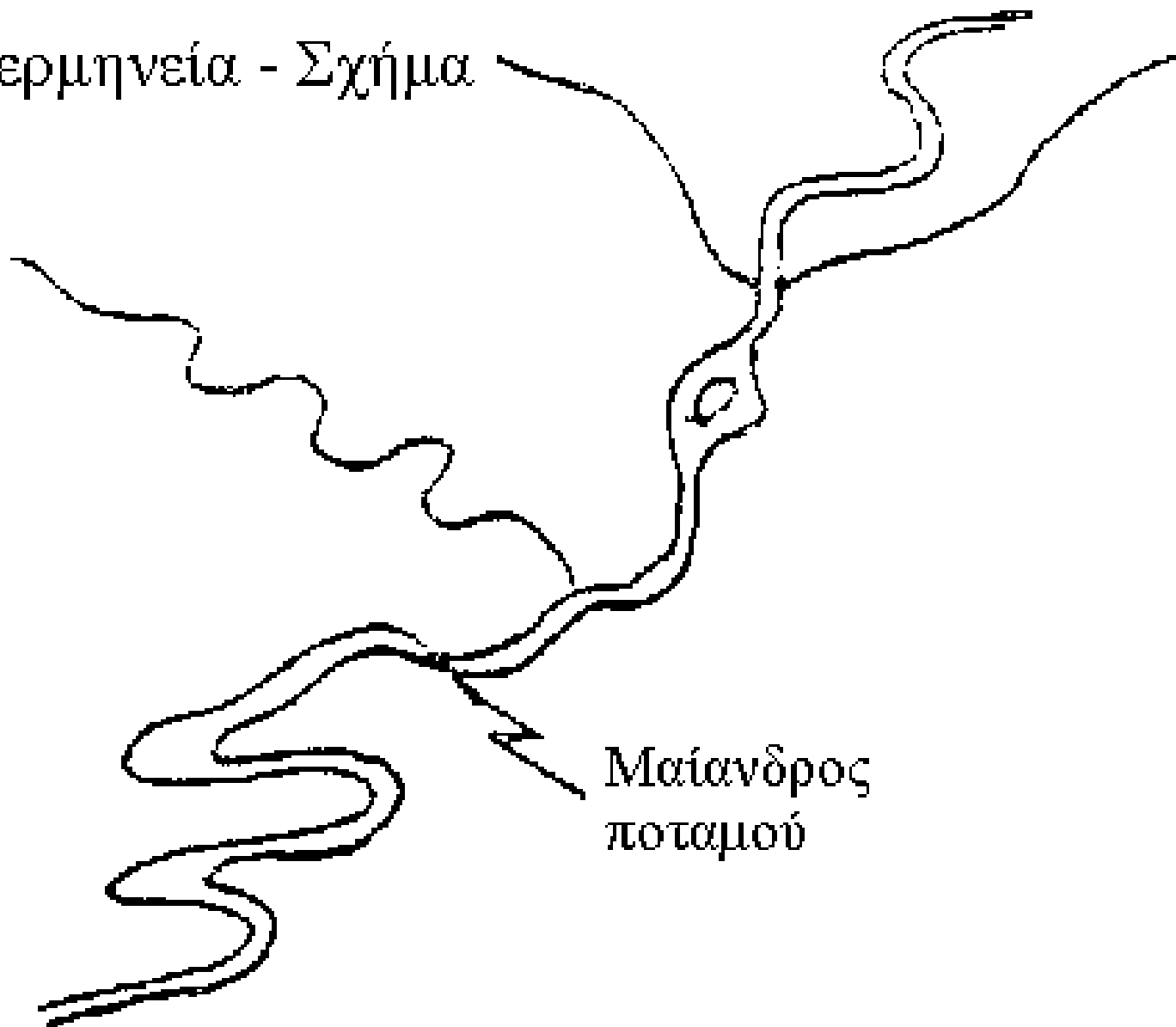
C. Drift

Figure 2

Επιρροή της αμαύρωσης της εικόνας (τόνος) από την τραχύτητα της επιφάνειας



Φωτοερμηνεία - Σχήμα

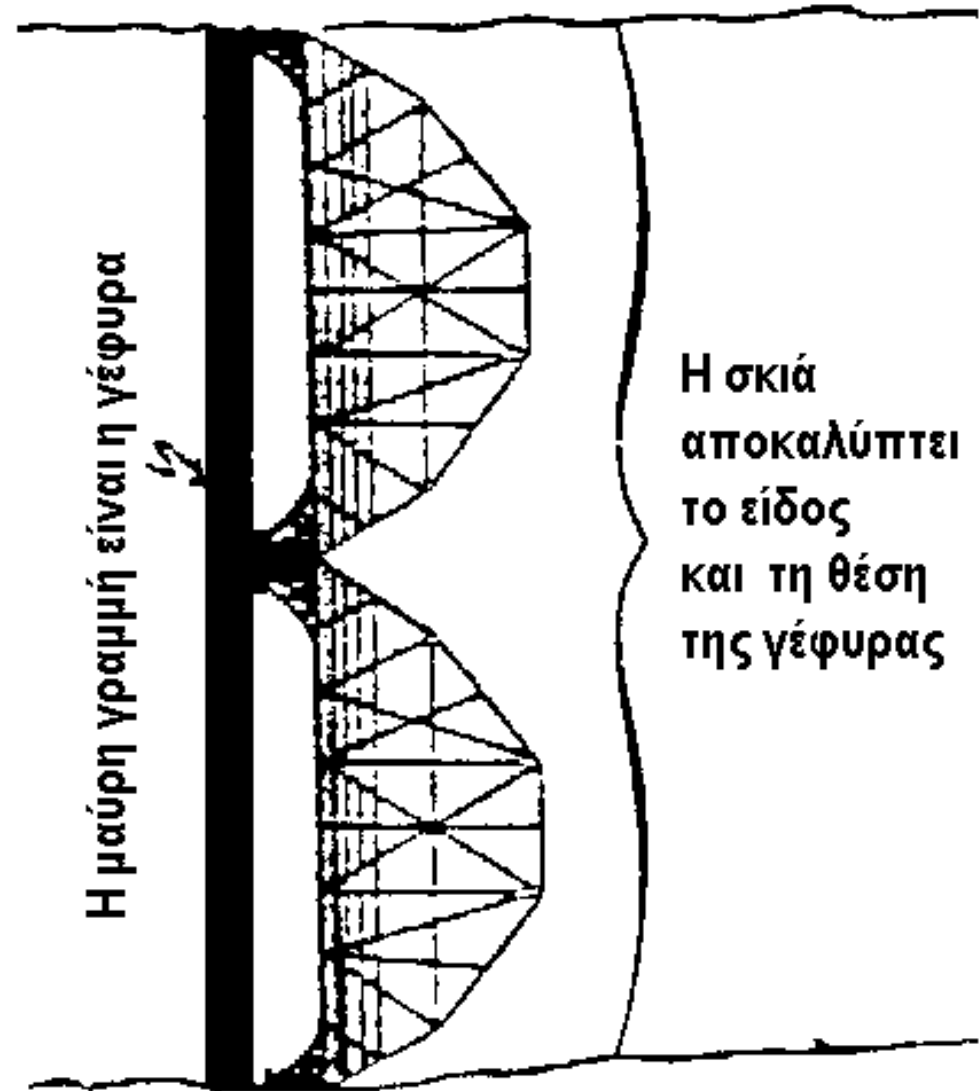


Μαίανδρος
ποταμού

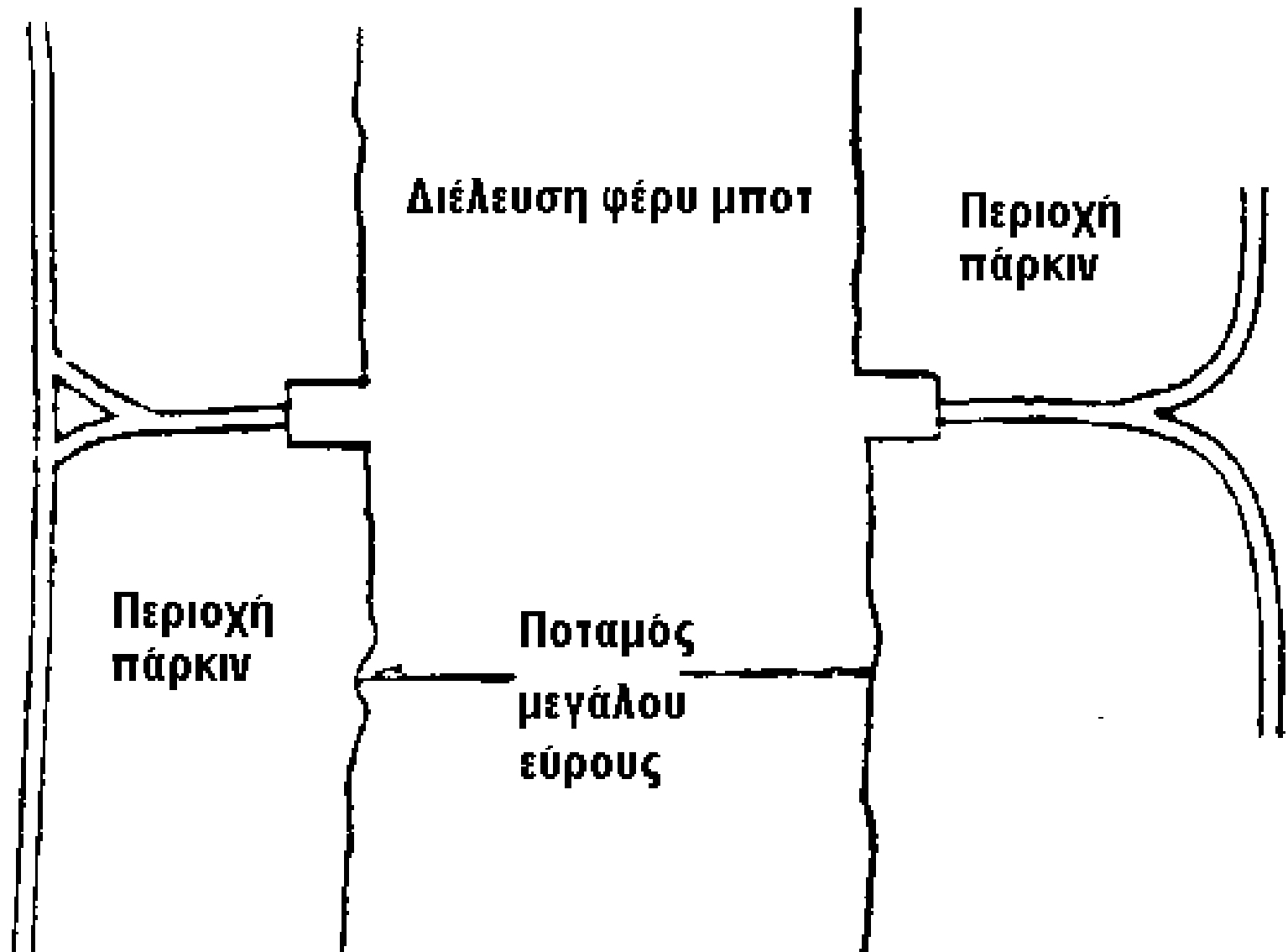
Σχετικό μέγεθος και πρότυπο

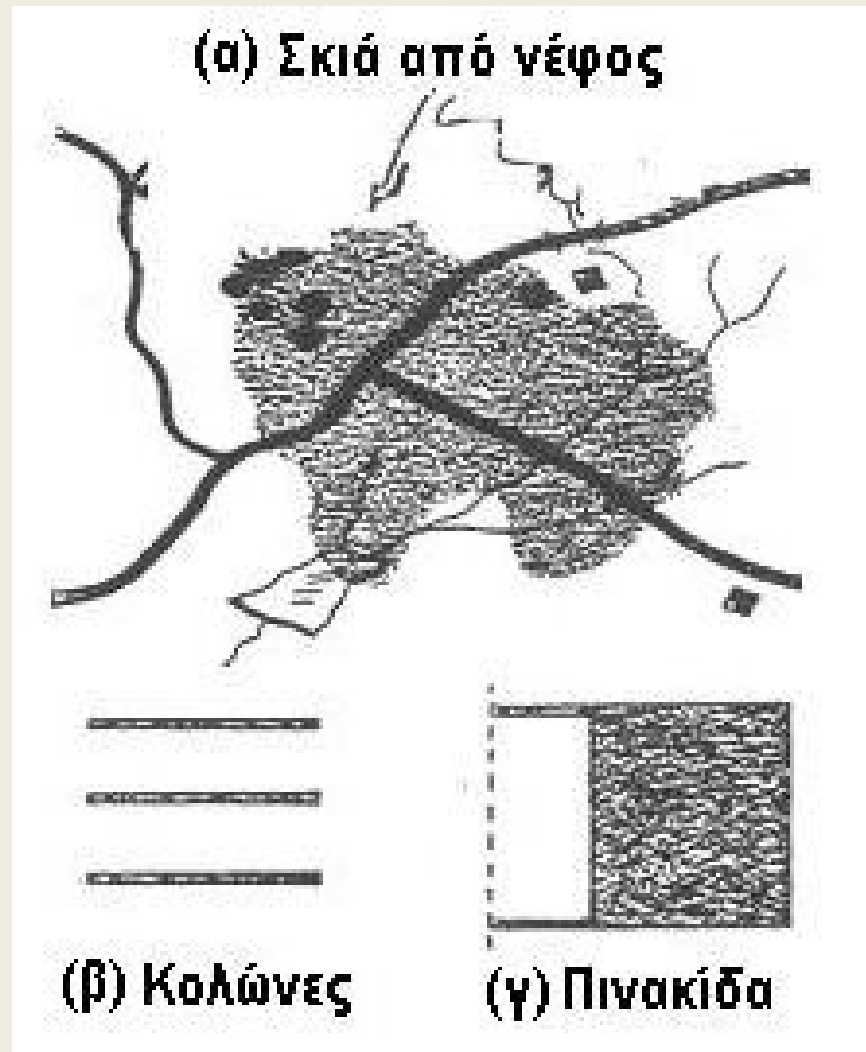


Η βοήθεια της σκιάς

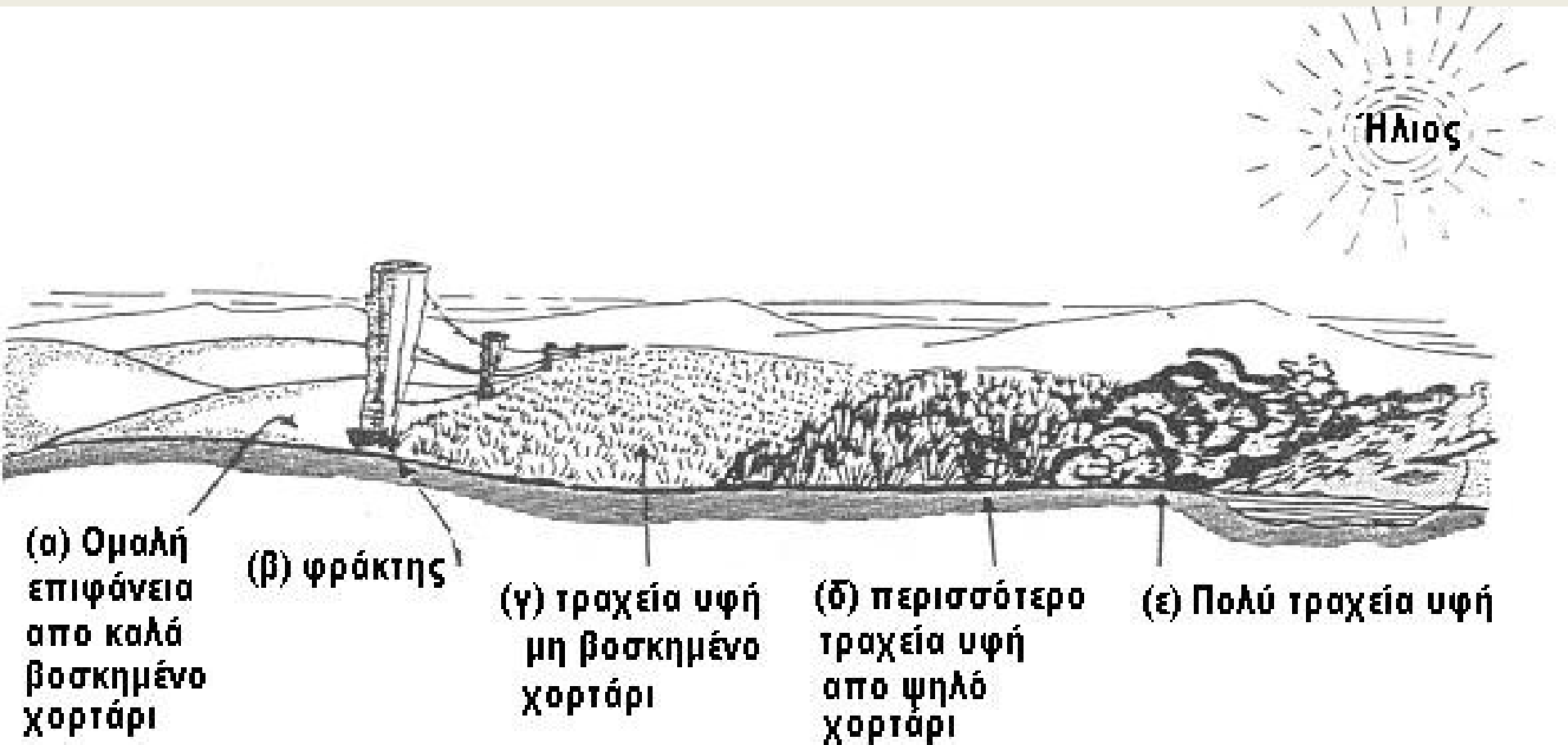


Συσχετισμός με το περιβάλλον





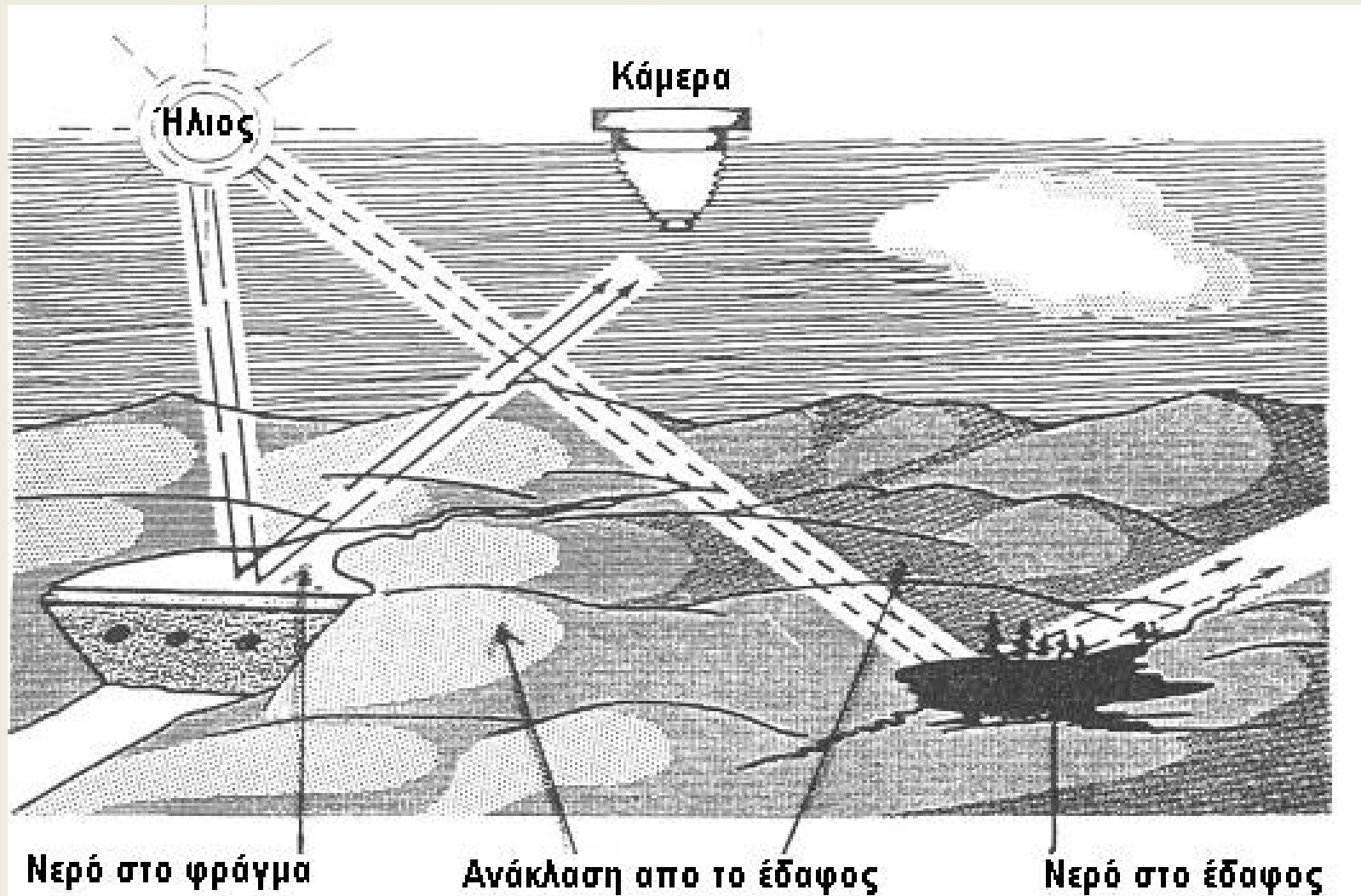
Επιρροή του τόνου στην επιφάνεια και την υφή



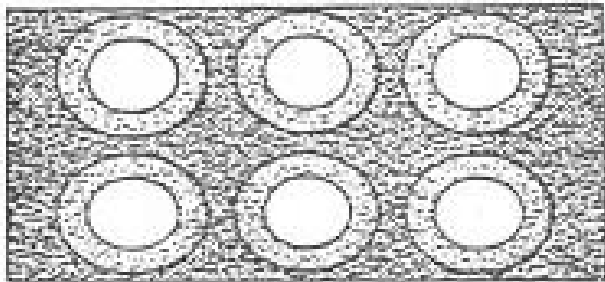
Επιρροή του χρώματος στη διαμόρφωση του τόνου



Επιρροή της σχετικής θέσης αντικειμένου, φωτεινής πηγής και κάμερας

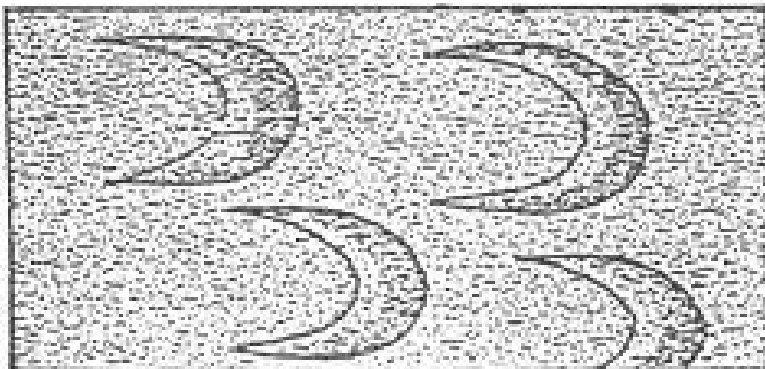


Πρότυπα τεχνητών και φυσικών χαρακτηριστικών

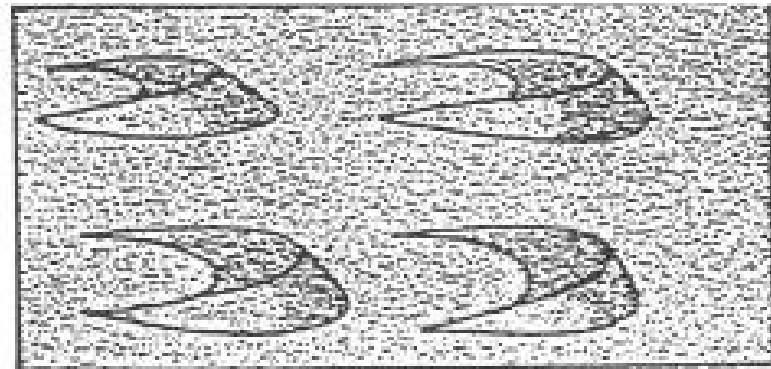


**Αποθήκες
πετρελαίου**

Αμμοθίνες

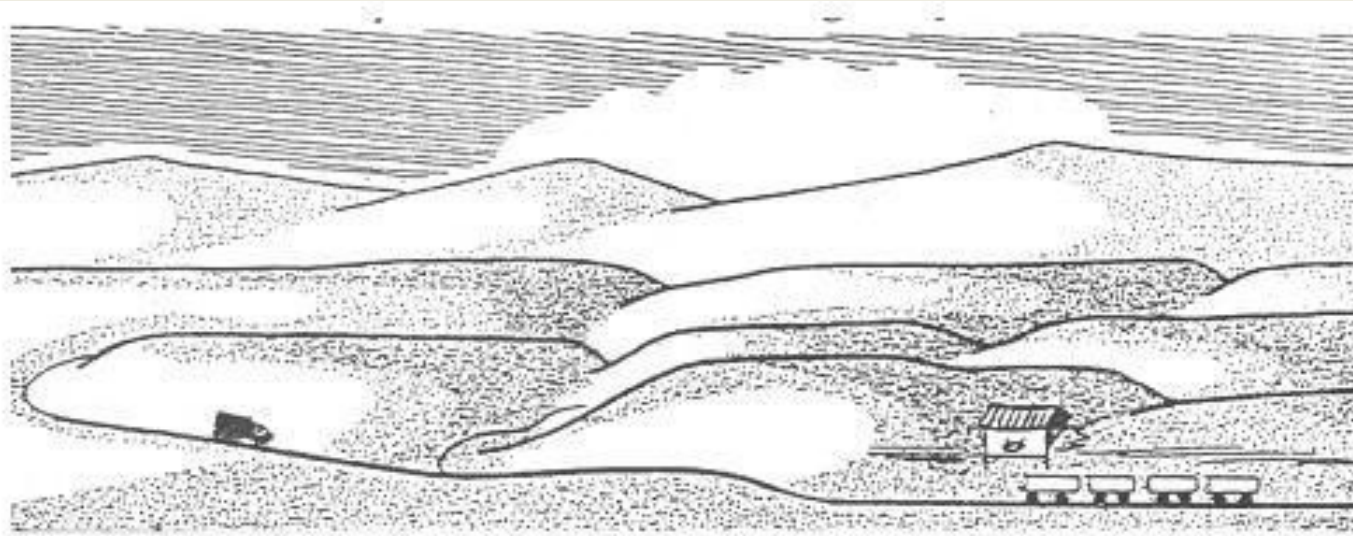


Δεροφωτογραφία



Φωτογραφία στο έδαφος

Φωτοερμηνεία από το συσχετισμό με το περιβάλλον

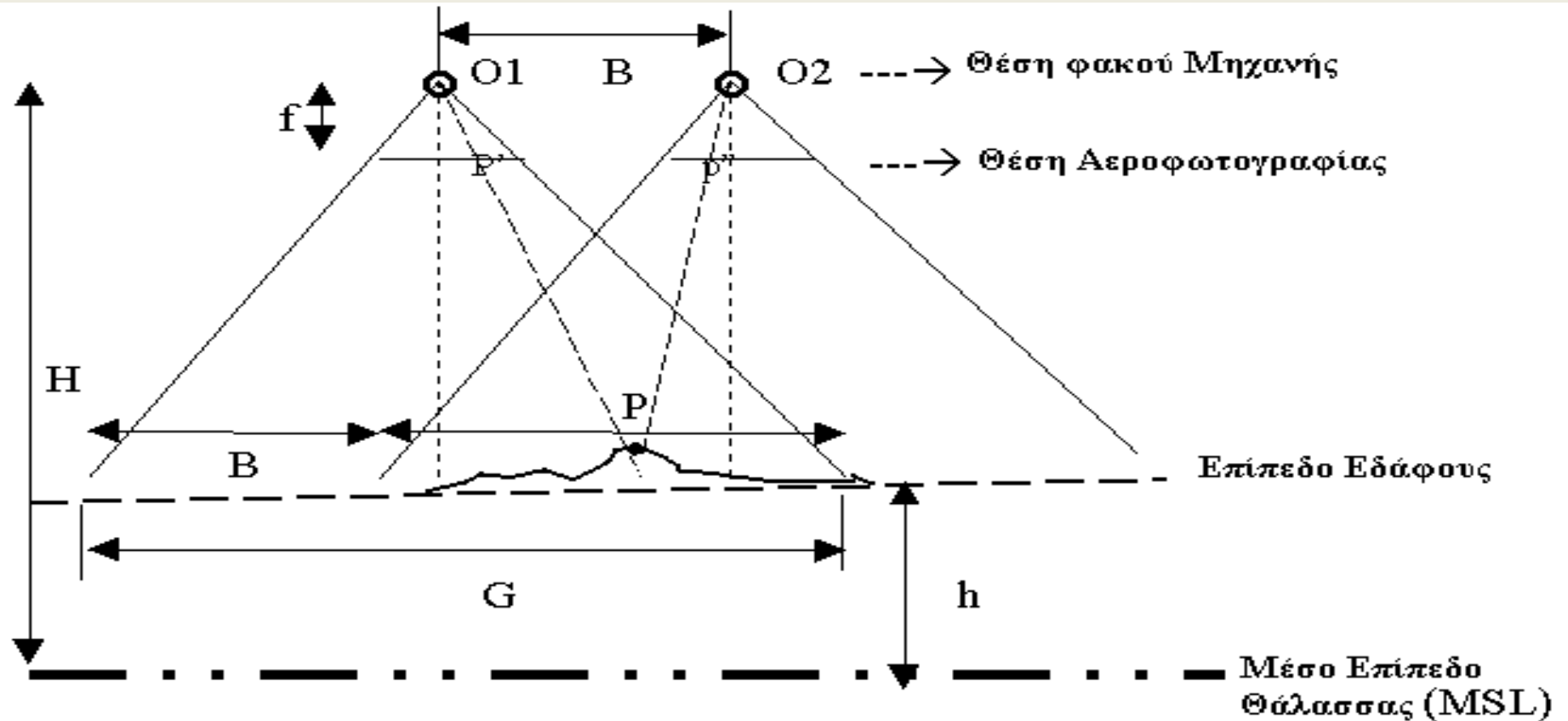


(α) Ορυχεία

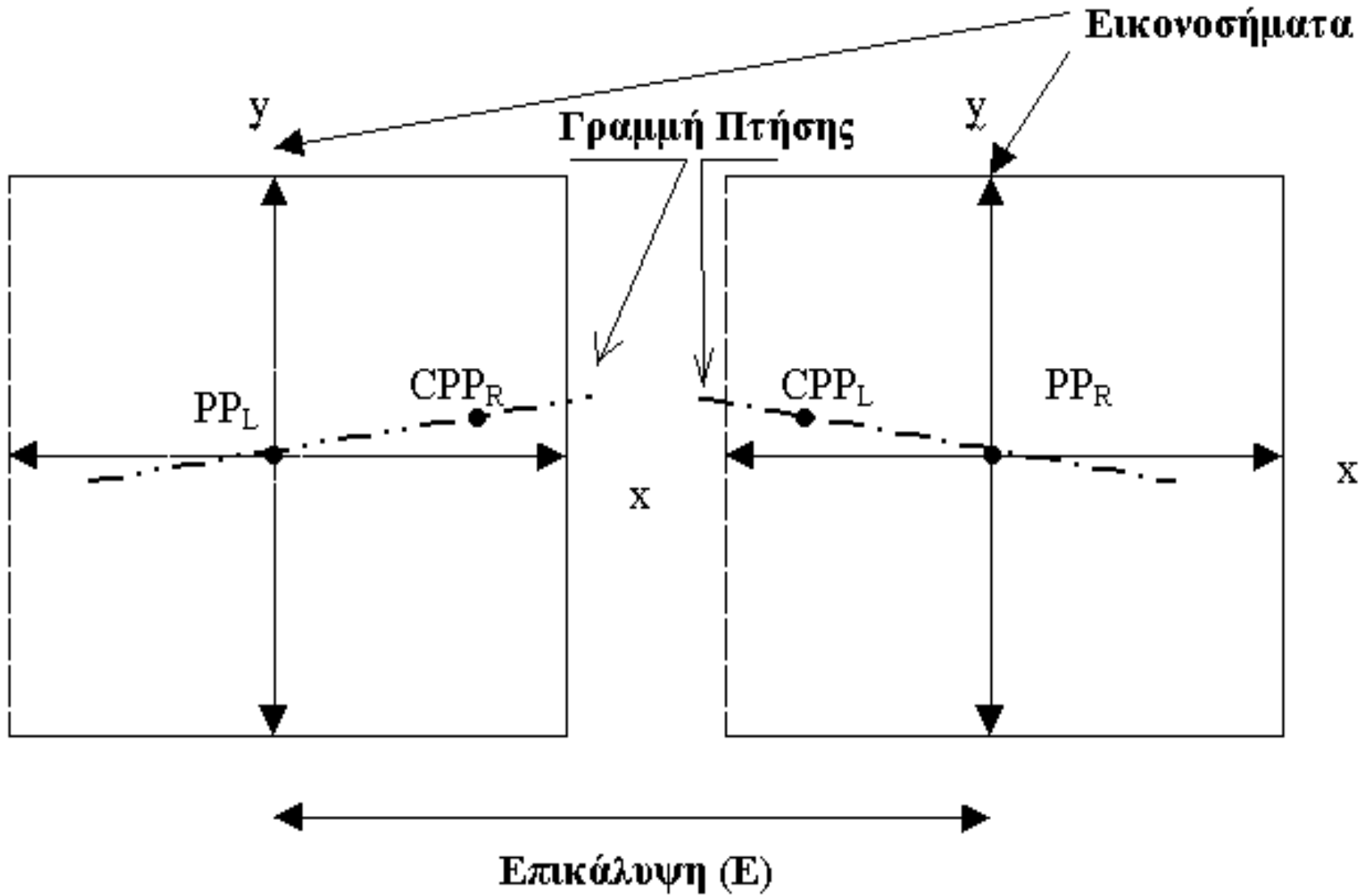


(β) Φράγμα

Φωτογραφίες στέρεο



Εντοπισμός της γραμμής πτήσης



Γεωμετρία απλής Α/Φ

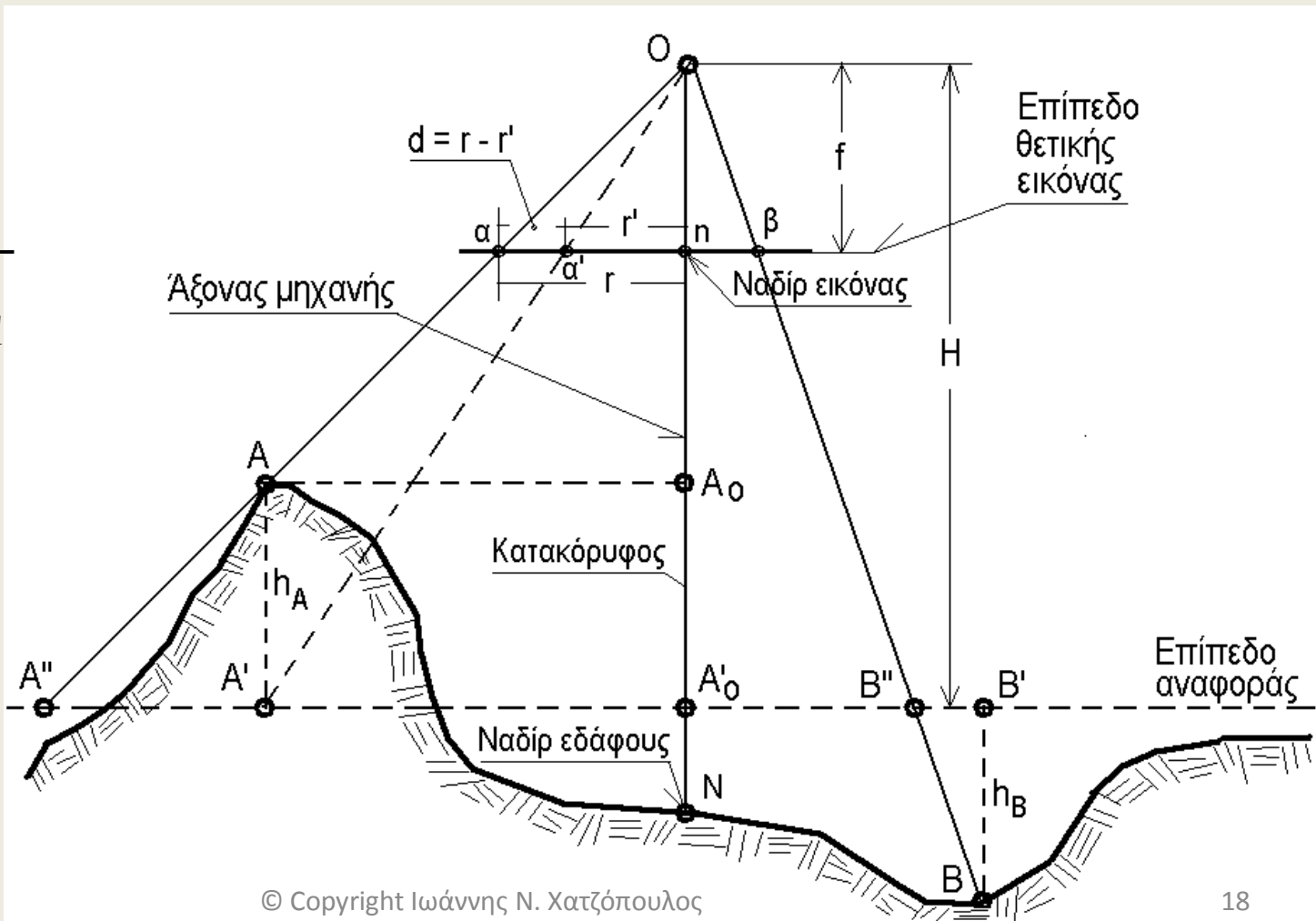
Μετατόπιση λόγω αναγλύφου

Κλίμακα

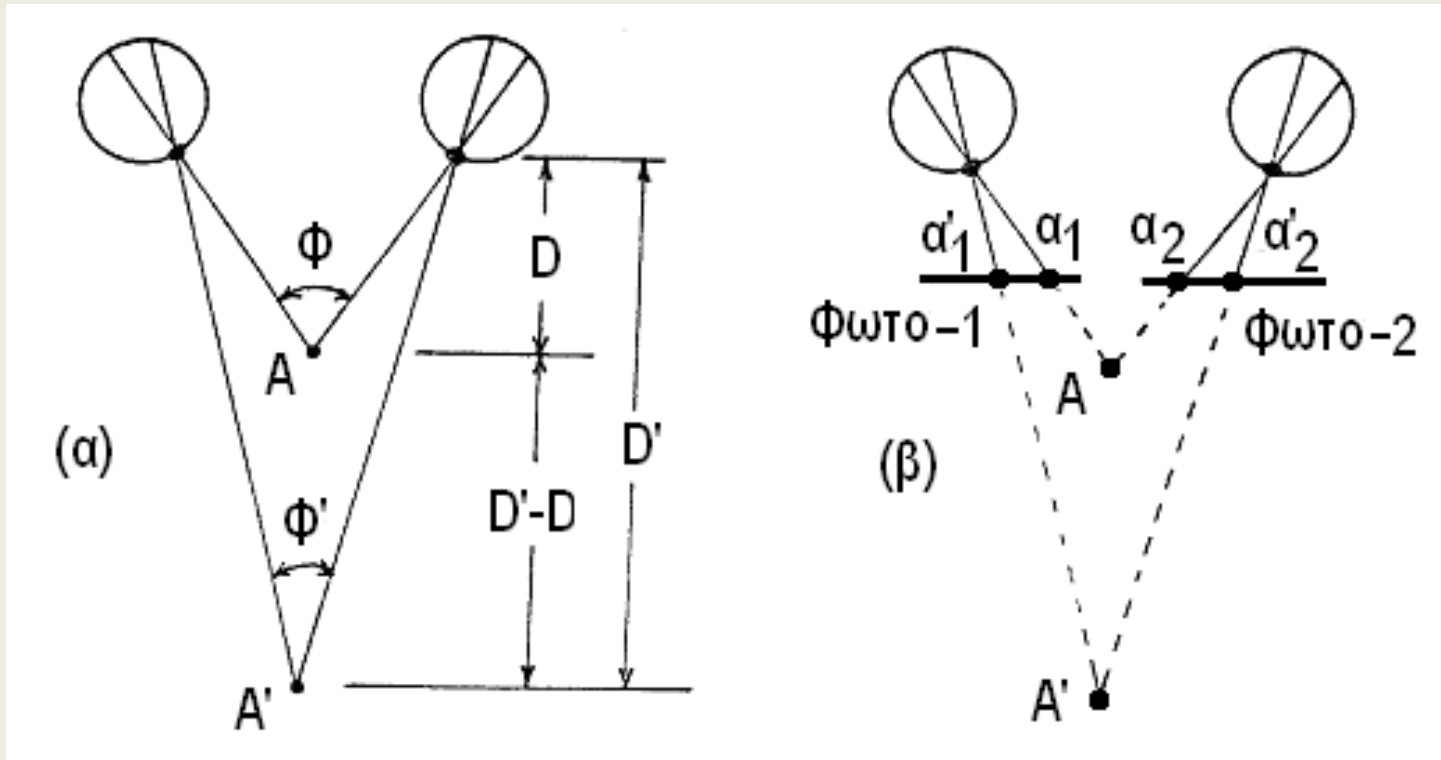
$$S_A = \frac{f}{H - h_A}$$

Μετατόπιση λόγω αναγλύφου

$$d = \frac{r h_A}{H}$$



Στερεόραση – στέρεο εικόνες



(α) είναι παρμένες από δύο διαφορετικούς σταθμούς λήψης

(β) έχουν επικάλυψη

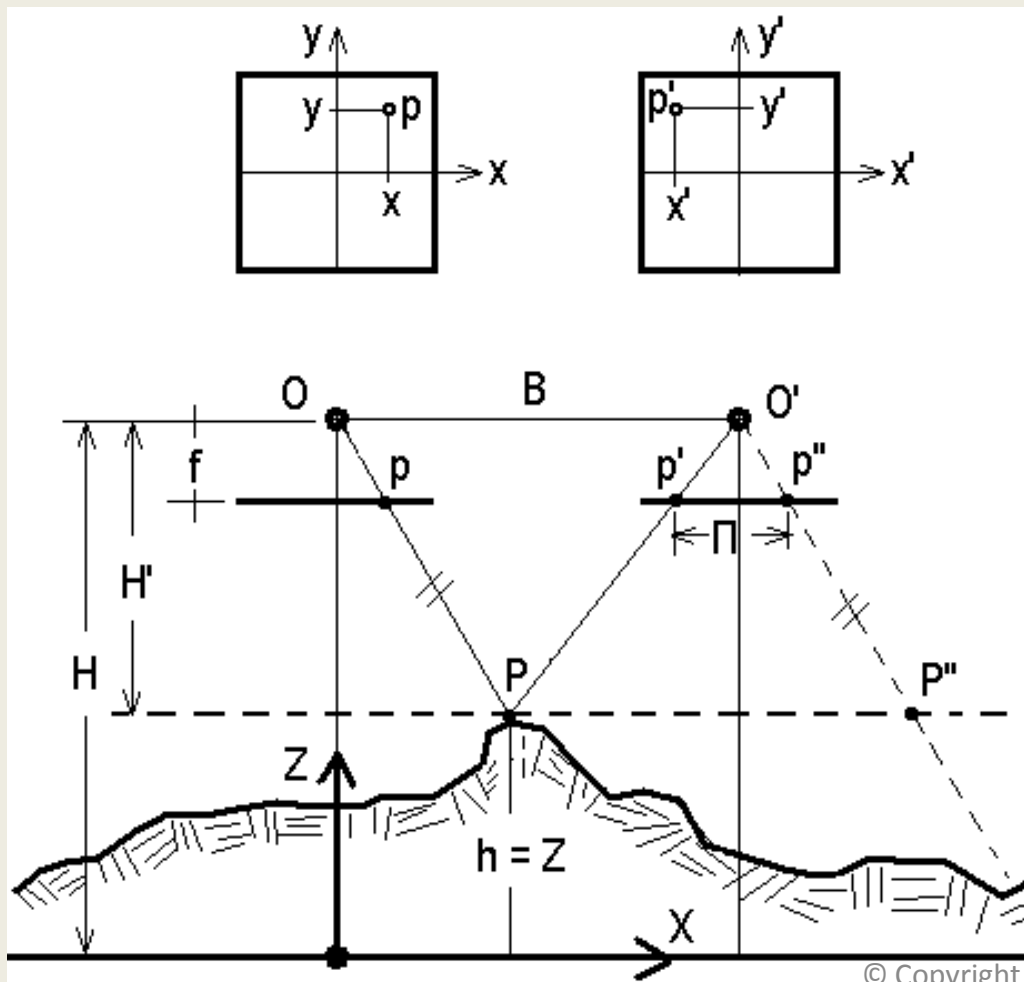
(γ) άξονες παράλληλοι και κάθετοι στη βάση

(δ) σταθερό αντικείμενο όταν κινείται η μηχανή

(ε) δύο συγχρονισμένες μηχανές με ταυτόχρονες εκθέσεις για κινούμενο αντικείμενο

Γεωμετρία στερεοζεύγους Α/Φ -Υψόμετρα

$$\frac{x - x'}{B} = \frac{f}{H - h} \Rightarrow h = H - \frac{Bf}{x - x'} \Rightarrow h = H - \frac{Bf}{\Pi}$$



$$\frac{x}{X} = \frac{f}{H - h} \quad \eta$$

$$X = x \left(\frac{H - h}{f} \right) = \frac{x}{S}$$

$$\frac{y}{Y} = \frac{f}{H - h} \quad \eta$$

$$Y = y \left(\frac{H - h}{f} \right) = \frac{y}{S}$$

Η ψηφιακή εικόνα

Γενικά εικόνα ονομάζουμε την παρουσίαση αντικειμένου σε **δυσδιάστατη επιφάνεια όπου σε κάθε σημείο της επιφάνειας με συντεταγμένες (u,v) είναι γνωστή μία τιμή αμαύρωσης $g(u,v)$ της κλίμακας του γκριζου όταν πρόκειται για ασπρόμαυρη ή μονοκάλη εικόνα, ή ένα διάνυσμα τιμών $g_1(u,v), g_2(u,v), g_3(u,v), \dots, g_n(u,v)$, όταν πρόκειται για εικόνα με n – κανάλια.**

Η έγχρωμη εικόνα έχει τρία κανάλια ($n=3$). Η εικόνα λέγεται συνεχής ή αναλογική όταν τα σημεία που την αποτελούν είναι απεριόριστα, π.χ. κλασσική φωτογραφία.








Η εικόνα λέγεται ψηφιακή όταν τα σημεία που την αποτελούν είναι διατεταγμένα σε πεπερασμένο αριθμό γραμμών και στηλών ώστε να δημιουργούνται εικονοστοιχεία ή pixel. Κάθε εικονοστοιχείο ορίζεται από τη γραμμή v και τη στήλη u καθώς και την τιμή αμαύρωσης $g(u,v)$.

Οι αριθμοί που ακολουθούν είναι οι τιμές αμαύρωσης $g(x,y)$ μιας εικόνας που αποτελείται από εικονοστοιχεία διατεταγμένα σε 15 γραμμές και 15 στήλες:

```
777777100000077777777000000007777777000005576777777000005576
777777000004017777777000034755777777100033471777777710033457
7777777134334577777771034000177144444344577777104555722557777
004557510007777045575100001777455751000000177
```

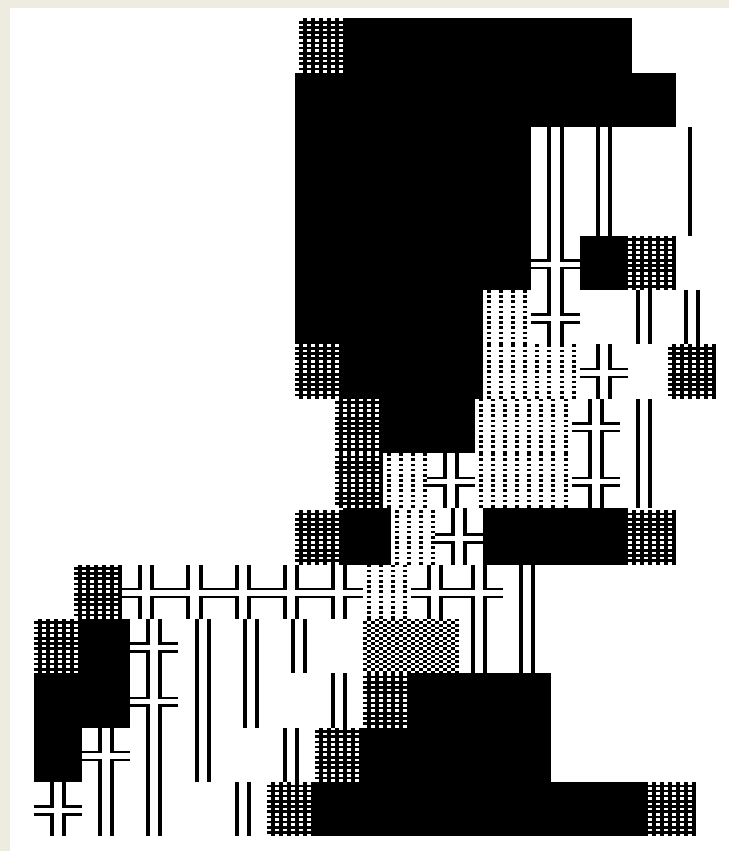
Οι αριθμοί αυτοί μεταβάλλονται από 0 που είναι η τιμή του μαύρου μέχρι 7 που είναι η τιμή του άσπρου, οι ενδιάμεσοι αριθμοί αποτελούν ενδιάμεσες τιμές της κλίμακας του γκριζου. Στο δυαδικό σύστημα οι αριθμοί αυτοί αντιπροσωπεύονται με 3 μπιτ και έτσι μπορούμε να πούμε ότι η εικόνα έχει δυναμικό εύρος 3 – μπιτ ή ότι έχει ραδιομετρική διαχωριστική ικανότητα 3 – μπιτ. Υπόψη ότι με 3 – μπιτ έχουμε $2^3 = 8$ διαφορετικούς κώδικες, όσοι και οι αριθμοί από 0 μέχρι 7 που παίρνει τιμές η συνάρτηση $g(x,y)$. Υπάρχουν εικόνες με δυναμικό εύρος n – μπιτ, όπου $n = 1, 2, 3, 4, \dots, 24, \dots, 36, \dots$ ακέραιος.

Οι αριθμοί μπορούν να αντικατασταθούν με τις εξής γραμμοσκιές (Σχ. 2):
 Σχήμα 2. Αντιστοίχιση αριθμών σε γραμμοσκιές της κλίμακας του γκριζου

							άσπρο
0	1	2	3	4	5	6	7

Στη συνέχεια συναρμολογώντας την εικόνα με τις γραμμοσκιές του Σχ. 2 έχουμε:

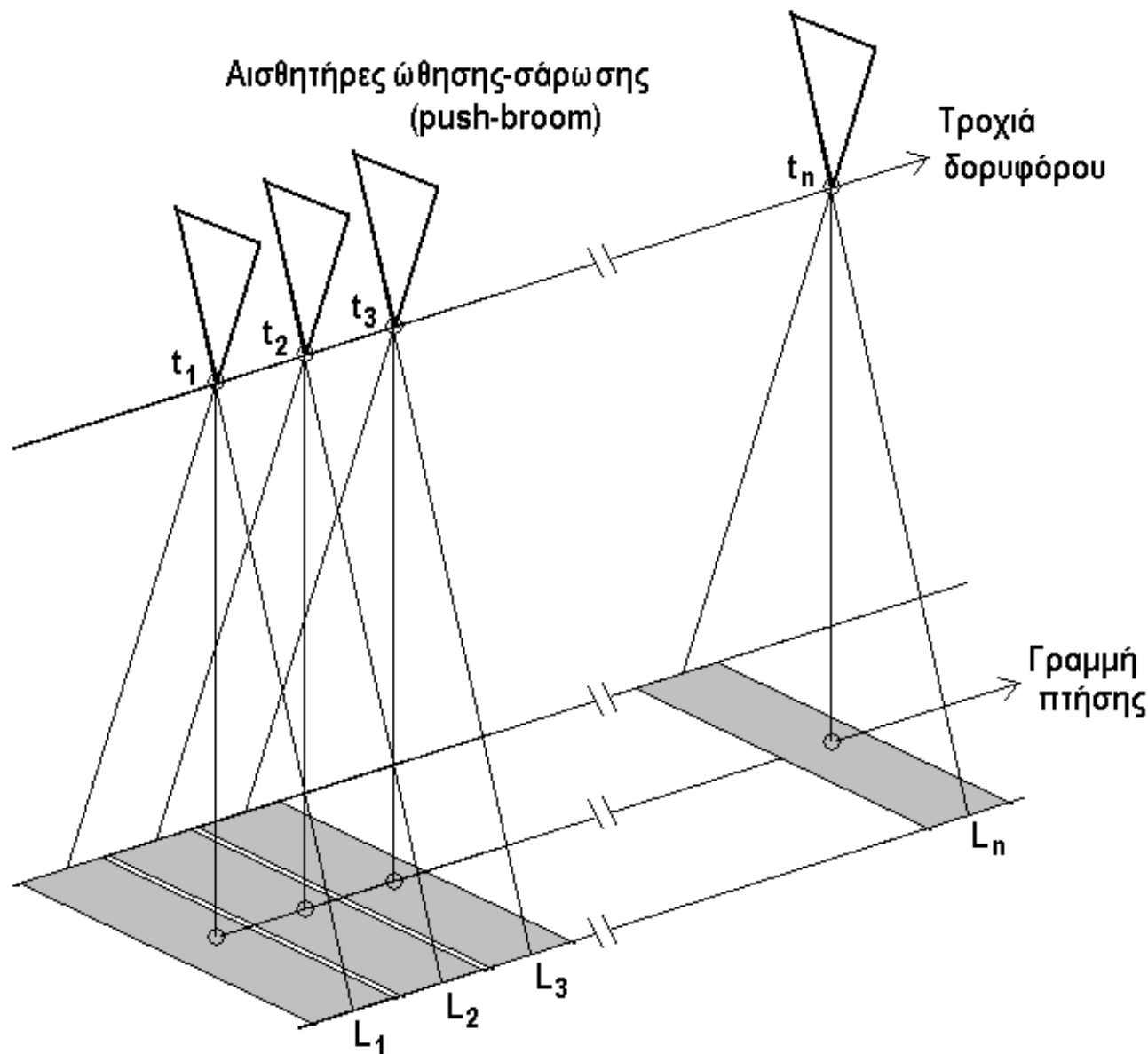
77777710000077
 77777700000007
 777777000005576
 777777000005576
 777777000004017
 777777000034755
 777777100033471
 77777710033457
 77777713433457
 777777103400017
 714444434457777
 104555722557777
 004557510007777
 045575100001777
 455751000000177



Συναρμολόγηση εικόνας με γραμμοσκιές.

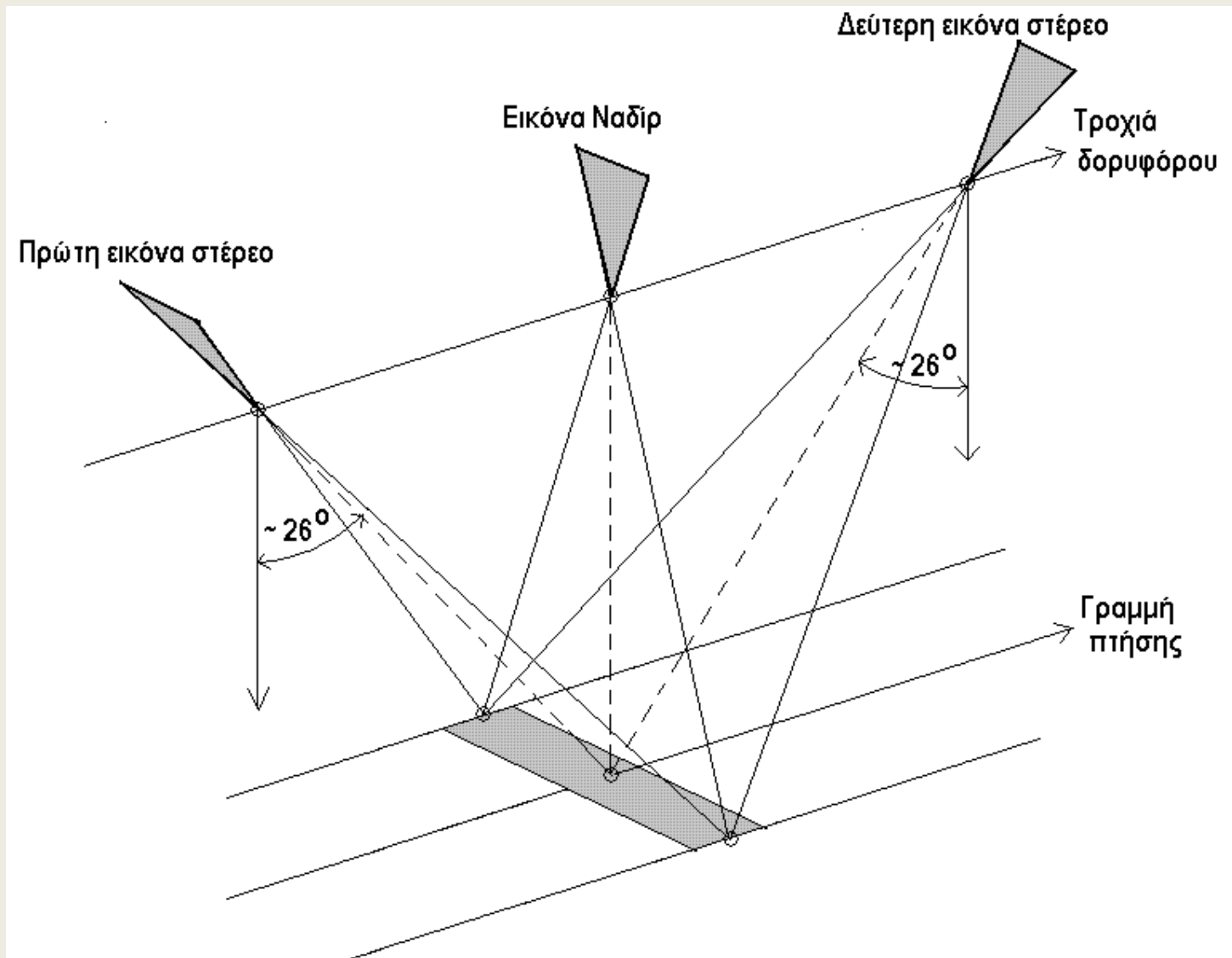
Ύψος	684km
Κλίση τροχιάς	98°
Ταχύτητα	7.5Km/s
Περίοδος	98 min
Τύπος λειτουργίας	Sun synchronous
Επισκεψιμότητα	less than 3 days
Πλάτος σάρωσης	15.2Km
Ραδιομετρική ανάλυση	11 bits
Χωρική ανάλυση	PAN: 0.41m (nadir)
	MS: 1.64m (nadir)
Κανάλια	PAN: 450– 800nm
	BLUE: 450– 510nm
	GREEN: 510– 580nm
	RED: 655– 690nm
	NIR:780– 900nm
Στερεοζεύγη	Yes

Δορυφόρος: GeoEye-1 (ΗΠΑ, 6/9/2008)

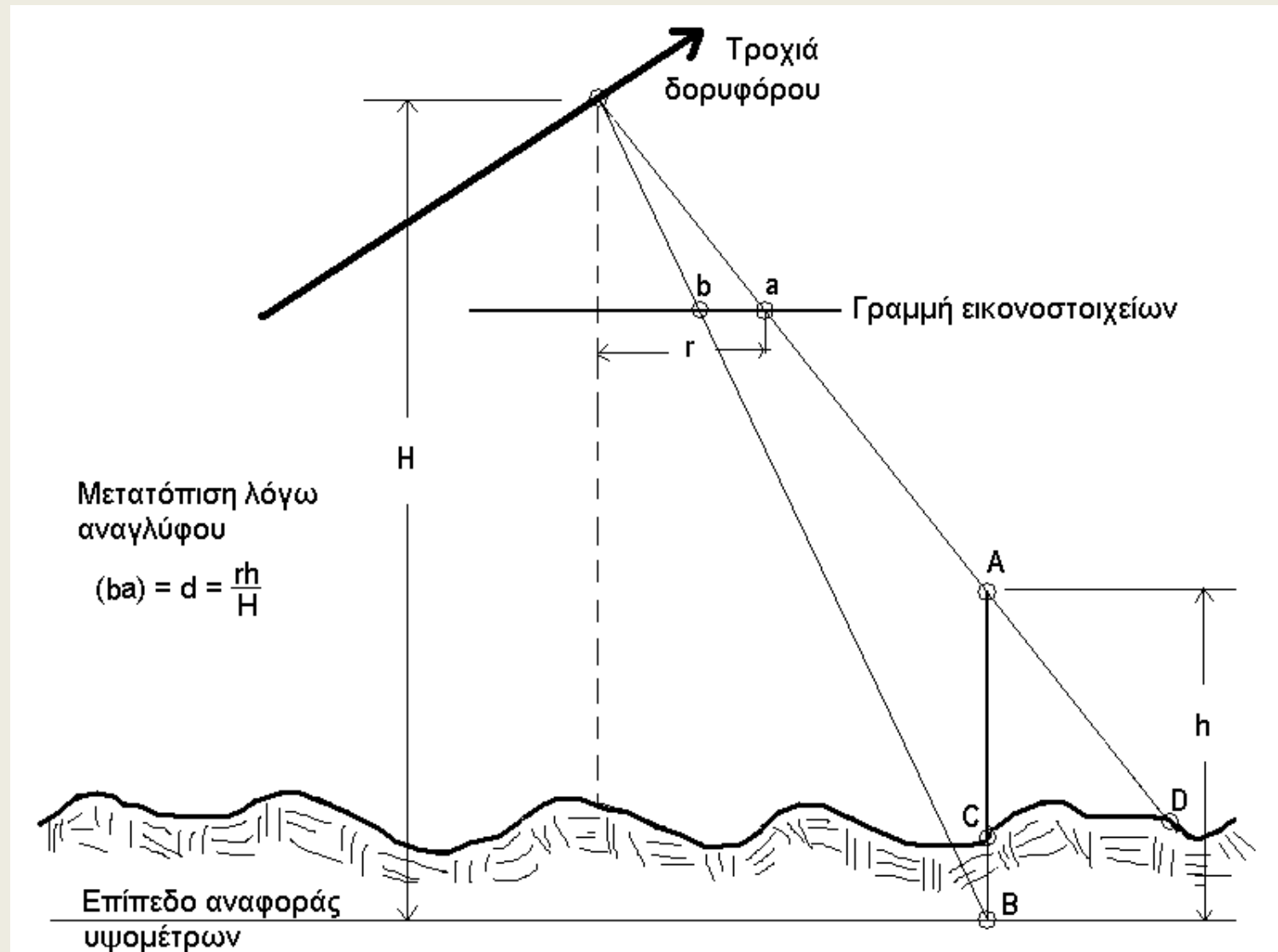


Η διαδικασία λήψης σειράς L_i εικονοστοιχείων σε συγκεκριμένο χρόνο t_i με αισθητήρες ώθησης σάρωσης (push broom)

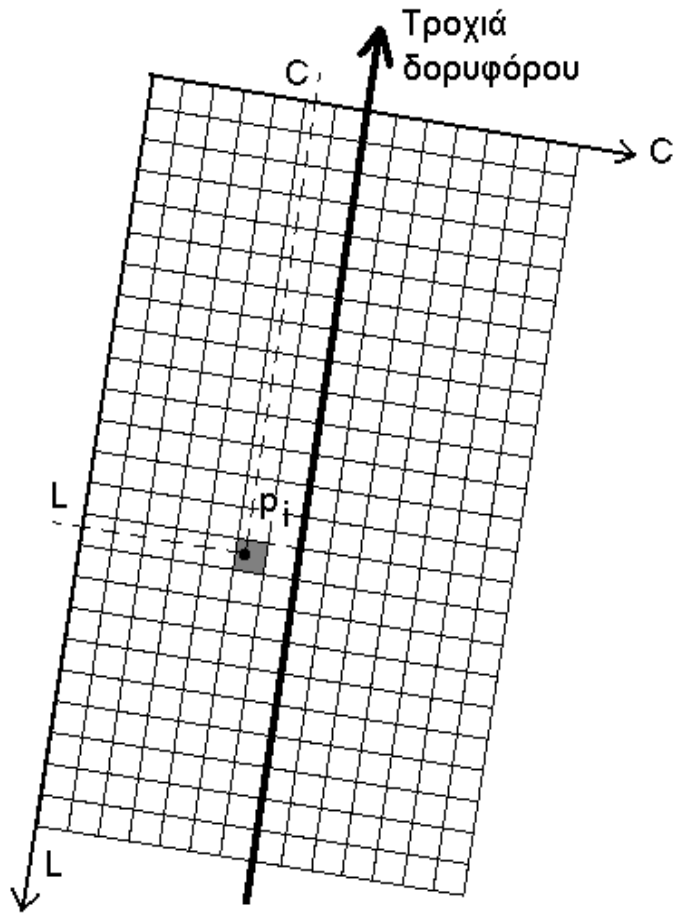
Η διαδικασία λήψης εικόνων στέρεο κατά μήκος της κίνησης του δορυφόρου



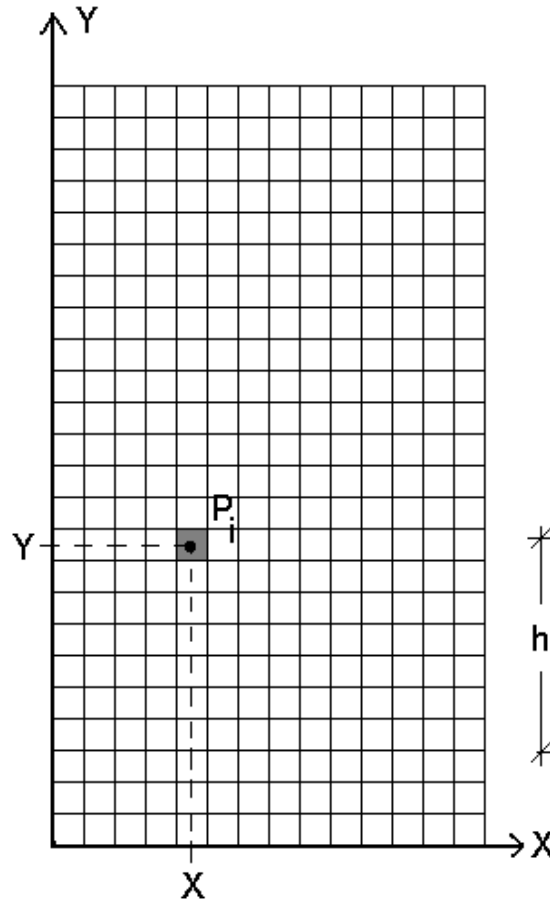
Η μετατόπιση λόγω αναγλύφου σε μια γραμμή εικονοστοιχείων



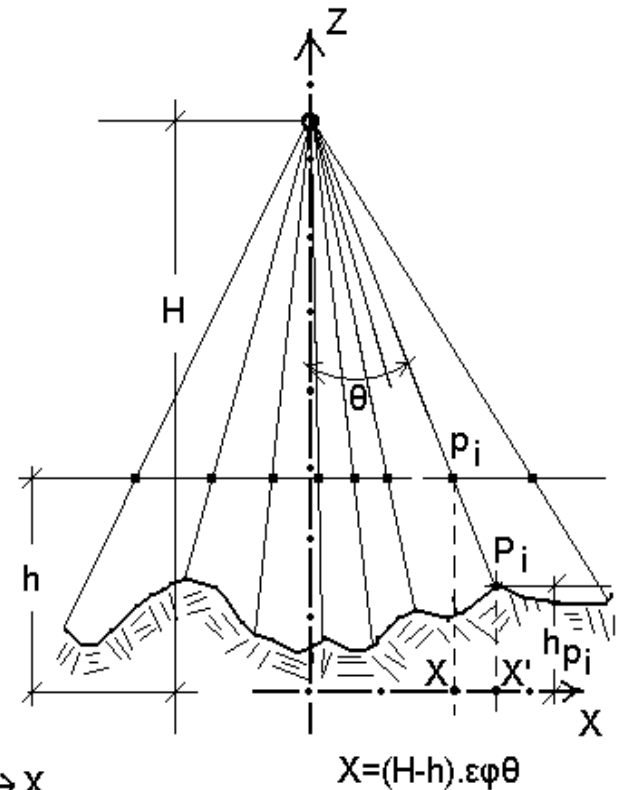
(α) η αρχική εικόνα, (β) η διορθωμένη με ορθοαναγωγή εικόνα, (γ) Συντεταγμένες εδάφους αρχικής εικόνας



(α) Αρχική εικόνα



(β) Εικόνα με ορθοαναγωγή (όρθο)



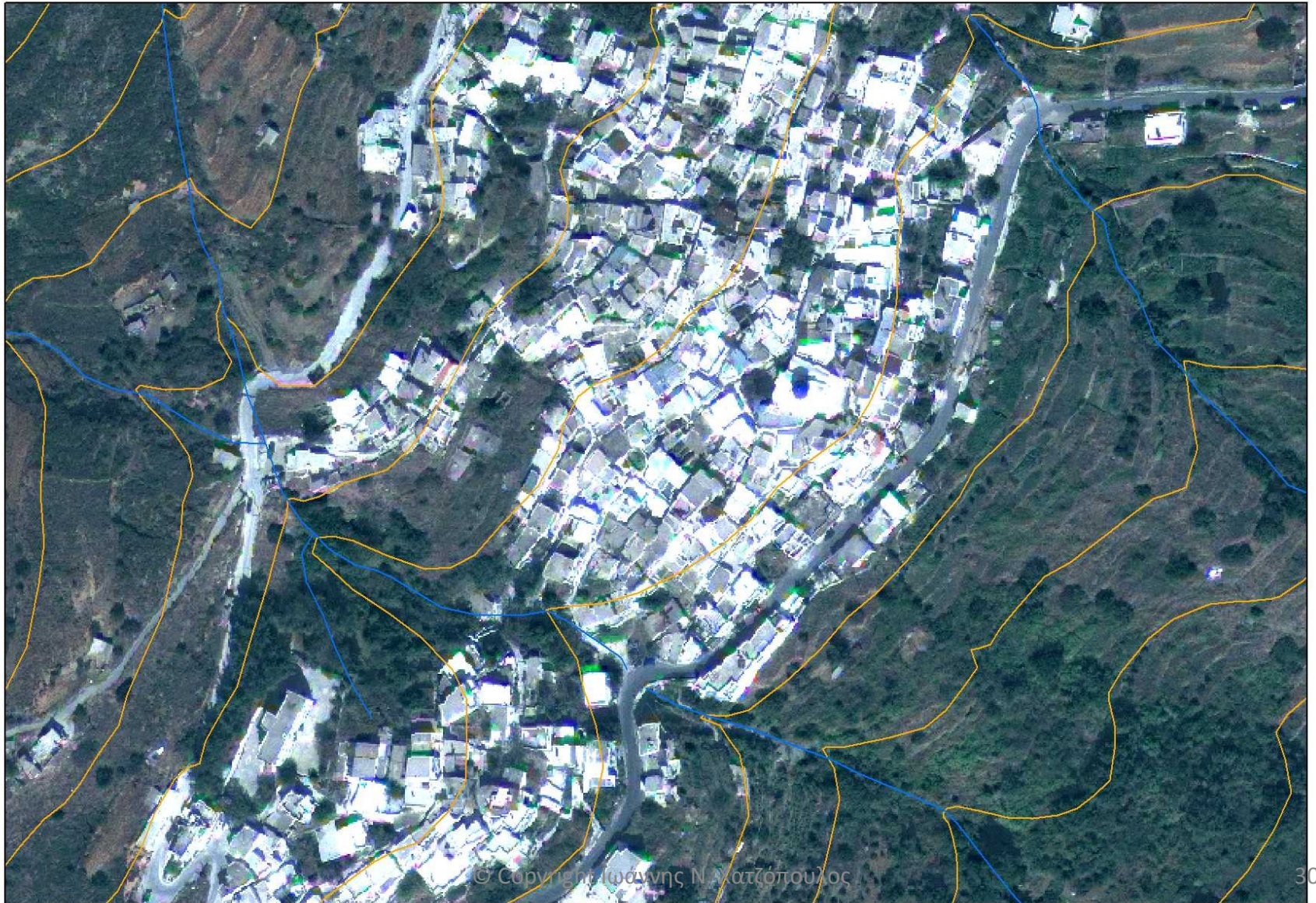
(γ) Αρχικές συντεταγμένες εικονοστοιχείων

$$X'_i = X_i \left(1 + \frac{h - h_{pi}}{H - h} \right)$$

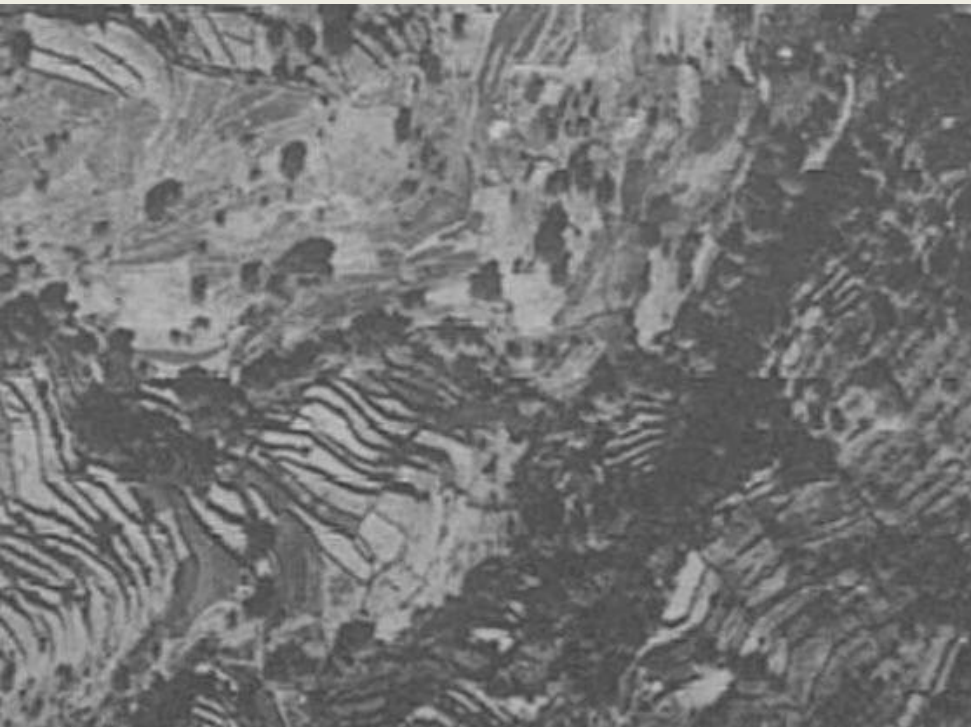
Δορυφορική εικόνα GeoEye-1 23-10-2009 με ανάλυση 50cm από το χωριό Κυνίδαρος Νάξου. Η ορθοαναγωγή έγινε στο Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης & ΓΣΠ του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Τα διανυσματικά στοιχεία όπως είναι η εθνική οδός, τα ρέματα και οι ισοϋψείς, ψηφιοποιήθηκαν από χάρτες της ΓΥΣ 1:5000 οι οποίοι έγιναν από αεροφωτογραφίες του 1983. Διακρίνει κανείς πόσο καλά ταιριάζουν τα διανυσματικά δεδομένα με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της δορυφορικής εικόνας επειδή όπως αναλύθηκε πιο πάνω, στην ορθοαναγωγή χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο που βασίστηκε στις ισοϋψείς του 1:5000 της ΓΥΣ.



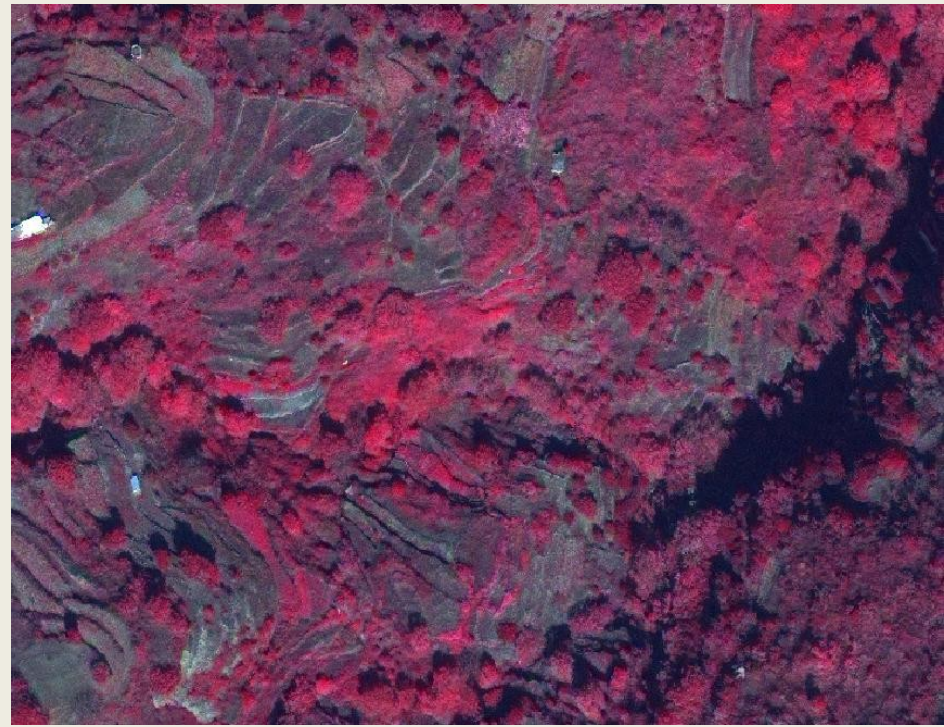
Επεξεργασμένη δορυφορική Ορθο-εικόνα GeoEye-1 (2009) της Κωμιακής Νάξου με ανάλυση 0,5 μέτρα, στα κανάλια: R, G, B. Πηγή: Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης & ΓΣΠ.



Αεροφωτογραφία από την περιοχή Κωμιακής Νάξου (ΓΥΣ 1983), διακρίνονται οι αναβαθμίδες. Πηγή: Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης & ΓΣΠ.



Επεξεργασμένη δορυφορική Ορθο-εικόνα GeoEye-1 (2009) ίδιας περιοχής με ανάλυση 0,5 μέτρα, στα κανάλια: NIR, R, G. Πηγή: Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης & ΓΣΠ.



ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

- All transformations for radiometric enhancement deal with the creation of a LUT so that original pixel values R_i are transformed to display values S_i , the transformation rule is either empirical, functional, or probabilistic.

ΕΧΙΣΟΡΟΠΗΜΕΝΟ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ

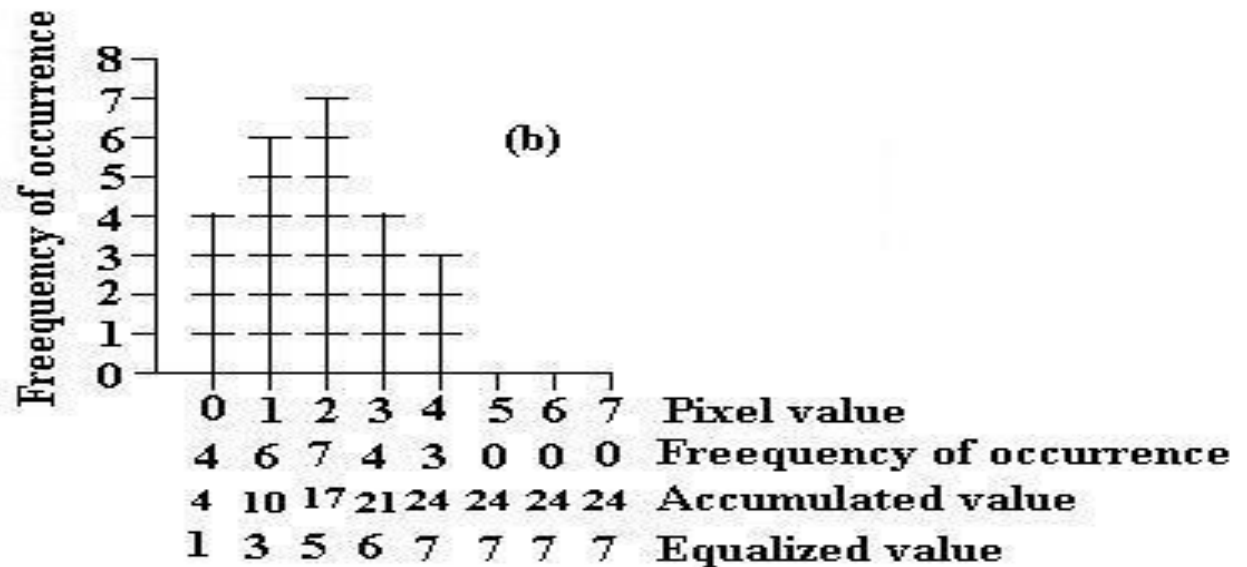
- $$S_i = (N-1)P_i / M \quad (1)$$
 - Where $N = 2^n$, n is the dynamic range,
 - M is the total number of pixels in the image, and
 - P_i are the accumulated histogram frequency values as shown in Fig. 2b.
- The LUT values S_i are computed using Eq. 1, see also Fig 2b and Fig. 3.

(α) Αρχική εικόνα (κανονική)

(β) Ιστόγραμμα Αρχικής εικόνας (κανονικό)

(a)

2	1	2	1
2	1	0	0
1	0	2	2
1	0	1	3
3	4	4	3
2	2	3	4



**Original
Image**

2	1	2	1
2	1	0	0
1	0	2	2
1	0	1	3
3	4	4	3
2	2	3	4

**Look Up Table
LUT**

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

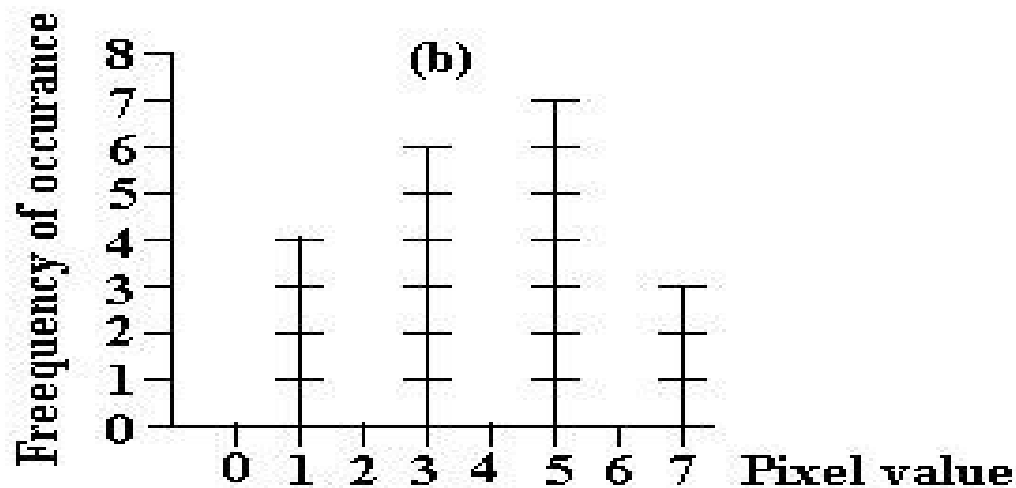
**Equalized
Image**

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

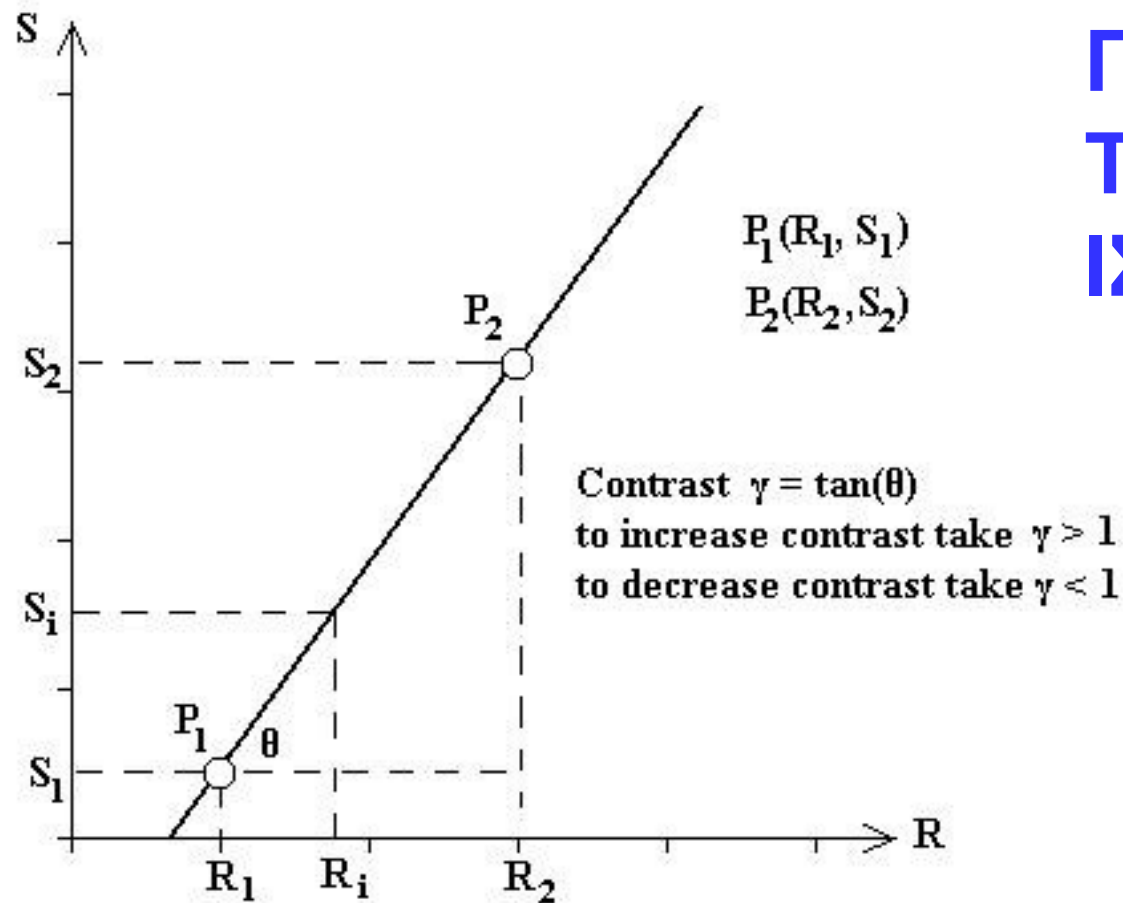
ΕΞΙΣΟΡΟΠΗΜΕΝΟ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ

(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

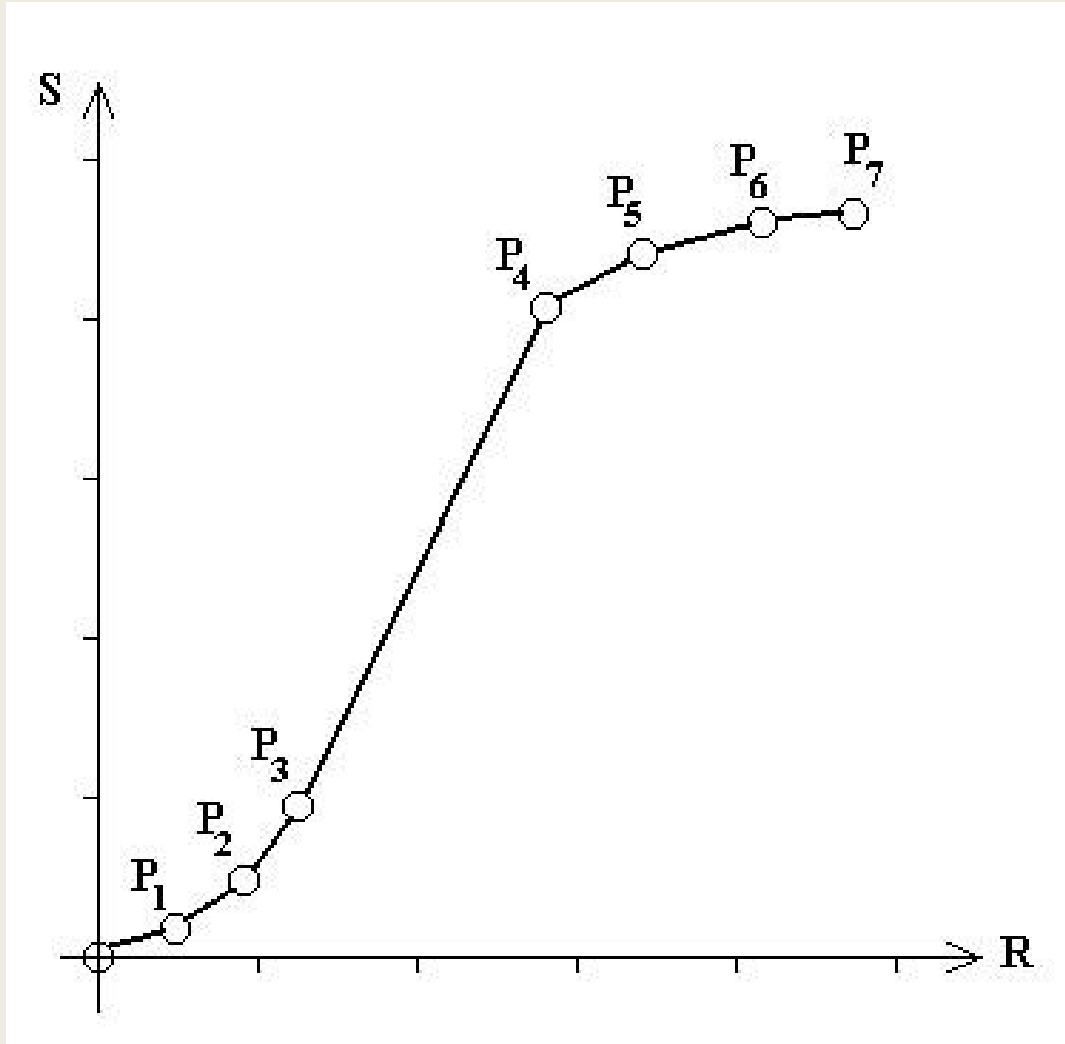


ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΤΕΝΤΩΜΕΝΟ ΙΣΤΟΓΡΑΜΜΑ



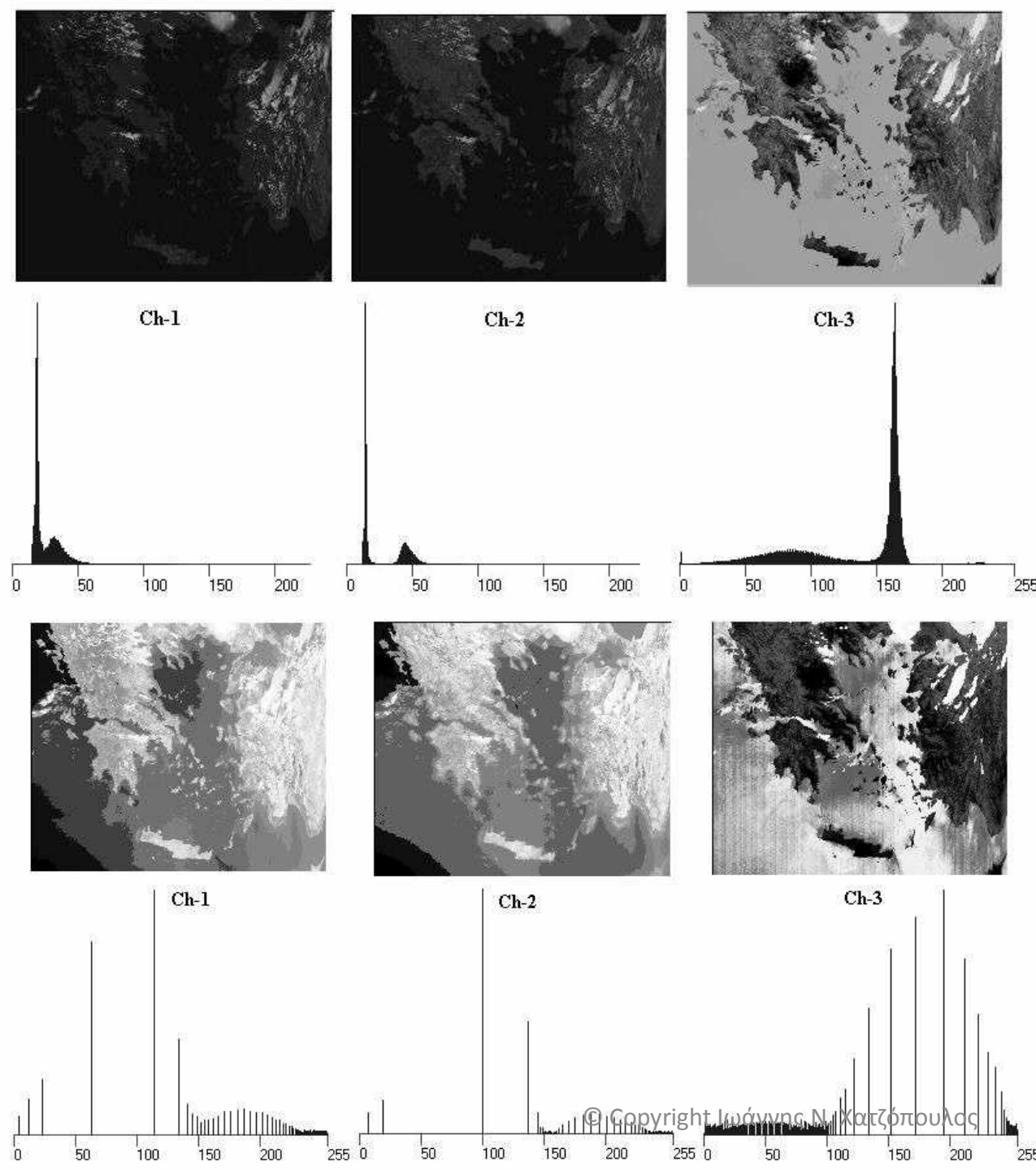
$$S_i = S_1 + \frac{(S_2 - S_1)(R_i - R_1)}{R_2 - R_1}$$

ΔΙΑΦΟΡΙΚΟ ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΤΕΝΤΩΜΑ

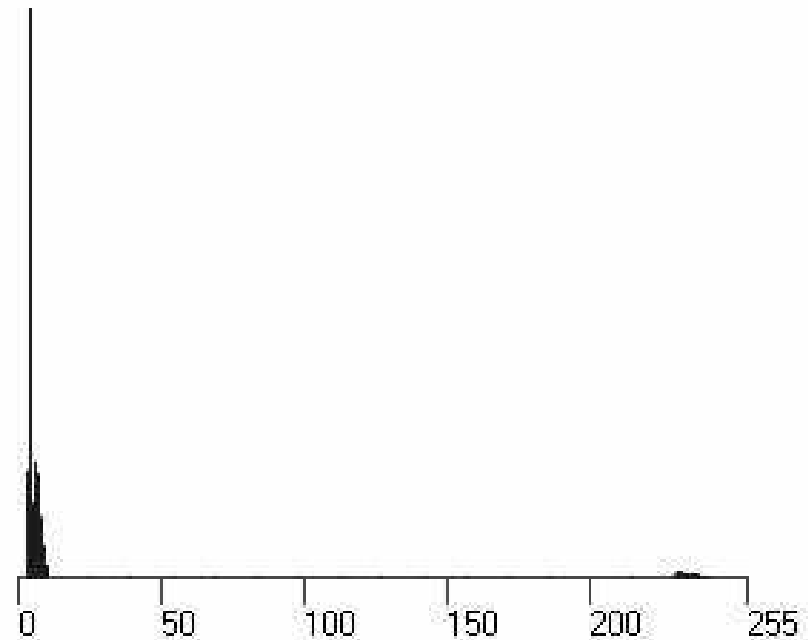


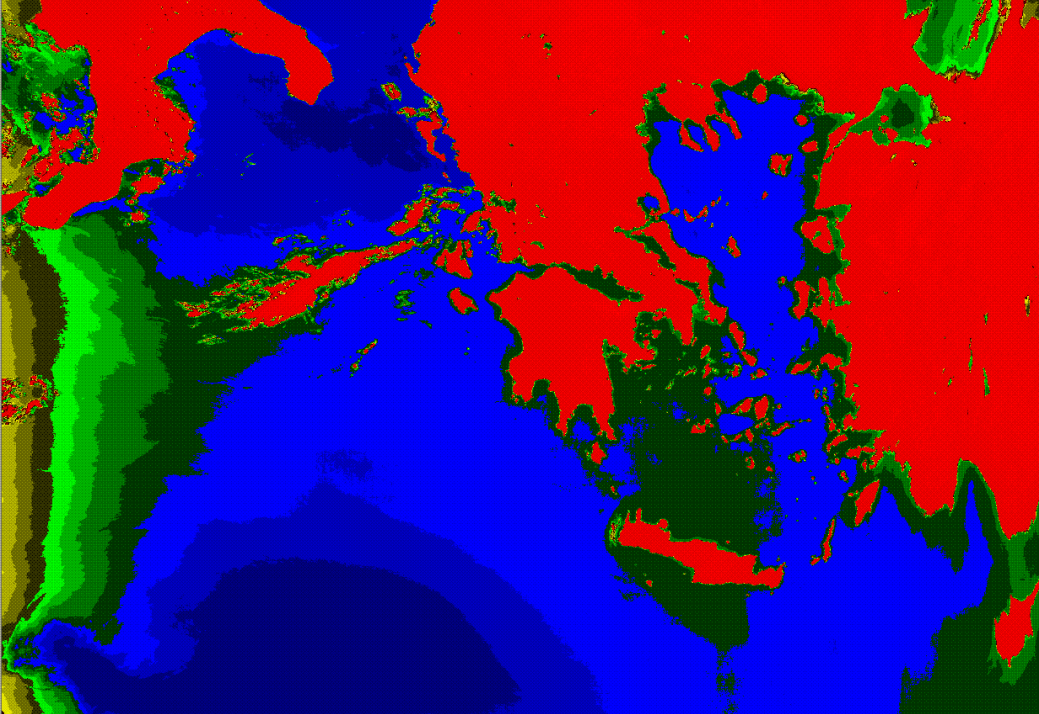
Τα κανάλια 1, 2, και 3 της κανονικής (ανεπεξεργαστης 8-bit) εικόνας του συστήματος NOAA – 14 AVHRR που πάρθηκε 8/5/1998 από το σταθμό λήψης δορυφορικών εικόνων του Εργαστηρίου Τηλεπισκόπησης & ΓΣΠ του πανεπιστημίου Αιγαίου στη Μυτιλήνη.

Ραδιομετρικά ενισχυμένη εικόνα με ισοδύναμο ιστόγραμμα.

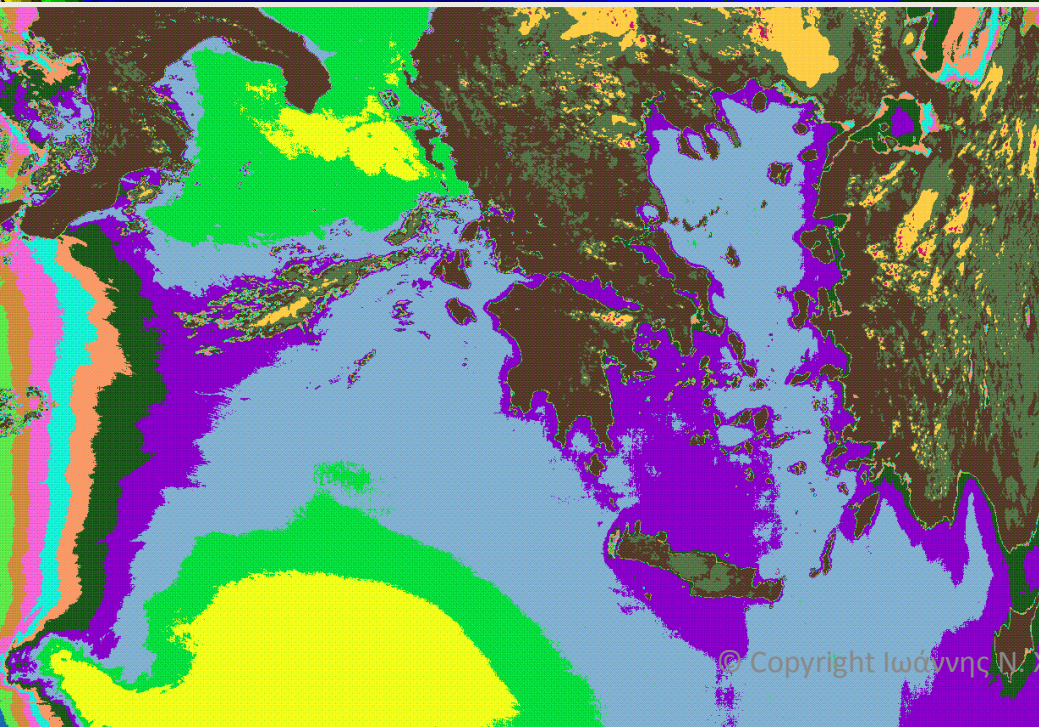


Γραμμικά τεντωμένη εικόνα από το 1^ο κανάλι μεταξύ DN=50 και DN=65, αποκαλύπτει τα νέφη.



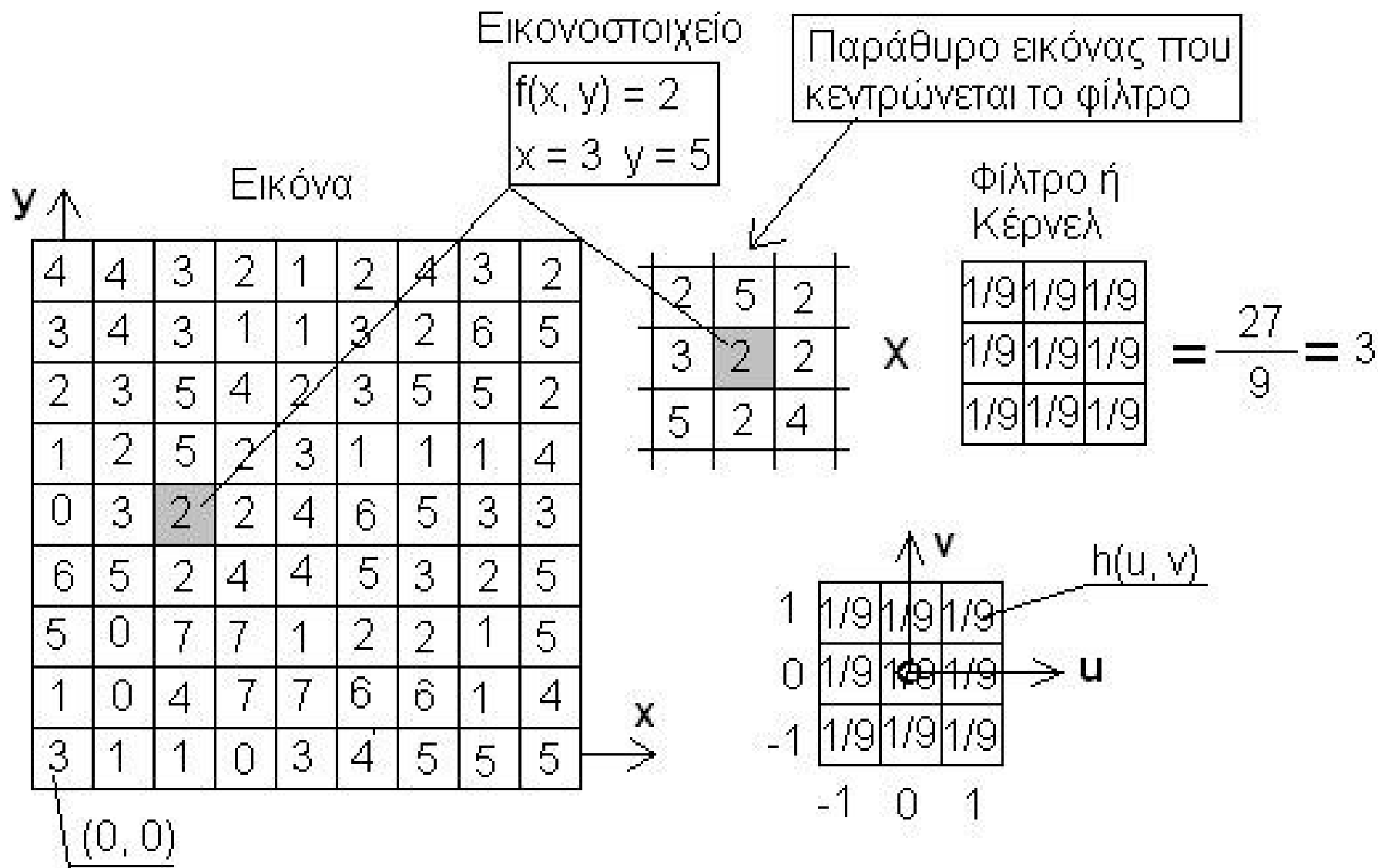


Διαστρωμάτωση της πυκνότητας με τα πρωτεύοντα χρώματα στο κανάλι 2 (IR)



Διαστρωμάτωση της πυκνότητας με τυχαίες αποχρώσεις στο κανάλι 2 (IR)

Η διαδικασία του φιλτραρίσματος εικόνας



Φιλτράρισμα

Εικόνα

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

Φίλτρο

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

$$\begin{aligned} f(x, y) &= 2 \times 1 + 5 \times 2 + 2 \times 1 \\ &\quad + 3 \times 0 + 2 \times 0 + 2 \times 0 \\ &\quad + 5 \times (-1) + 2 \times (-1) + 4 \times (-1) = \\ &= 2 + 10 + 2 - 5 - 2 - 4 = 3 \end{aligned}$$

Αρχική τιμή $g(x,y)=2$, Φιλτραρισμένη τιμή $f(x,y)=3$

Εξισώσεις φιλτραρίσματος - Συνέλιξη

$$\phi(x, y) = f(x, y) * h(u, v) = \int_{-a}^{+a} \int_{-b}^{+b} f(x+a, y+b) \cdot h(a, b) dx dy$$

Όπου $\phi(x, y)$ είναι η φιλτραρισμένη τιμή του εικονοστοιχείου

$a = (\text{στήλες φίλτρου} - 1)/2$

$b = (\text{γραμμές φίλτρου} - 1)/2$

Επειδή οι τιμές $f(x, y)$ και $h(u, v)$ είναι διακριτές η σχέση

(10.52) γράφεται:

$$\phi(x, y) = \sum_{i=-a}^{+a} \sum_{j=-b}^{+b} f(x+i, y+j) \cdot h(i, j)$$

Να σημειωθεί ότι στην ανωτέρω σχέση τα dx, dy θεωρούνται ίσα με τη μονάδα

Το φίλτρο προσαρμογής Wallis

$$f(x, y) = \frac{[g(x, y) - m_g] c s_f}{c s_g + (1 - c) s_f} + b m_f + (1 - b) m_g$$

$g(x, y)$ είναι η τιμή αμαύρωσης της αρχικής εικόνας στη θέση (x, y)

$f(x, y)$ είναι η τιμή αμαύρωσης της φιλτραρισμένης εικόνας στη θέση (x, y)

m_g, s_g , είναι ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των στοιχείων του πυρήνα της αρχικής εικόνας

m_f, s_f , είναι ο μέσος όρος και η τυπ. απόκλ. των στοιχείων του πυρήνα της φιλτραρισμένης εικόνας

$c \rightarrow [0.1]$ συντελεστής επέκτασης της αντίθεσης της εικόνας $c = 0.75 \sim 1$

$b \rightarrow [0.1]$ συντελεστής φωτισμού της εικόνας $b = 0.5 \sim 1$

$m_f : 127, s_f : 40 \sim 65$

Η Ταξινόμηση Εικόνας πραγματοποιείται σε πολυφασματικές ή πολυκάναλες εικόνες.

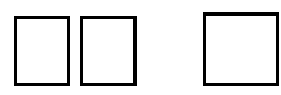
Υπάρχει η σκληρή ταξινόμηση όπου κάθε στοιχείο εικόνας κατατάσσεται σε συγκεκριμένη κατηγορία και υπάρχει και η μαλακή ταξινόμηση όπου το στοιχείο εικόνας κατατάσσεται μεν σε κατηγορία μαζί με συγκεκριμένο βαθμό ασάφειας ή πιθανότητας να ανήκει σε αυτή την κατηγορία.

Υπάρχουν γενικά δύο μέθοδοι στην ταξινόμηση:

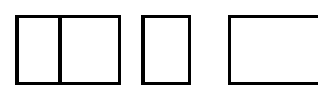

(α) Επιβλεπόμενη ταξινόμηση,

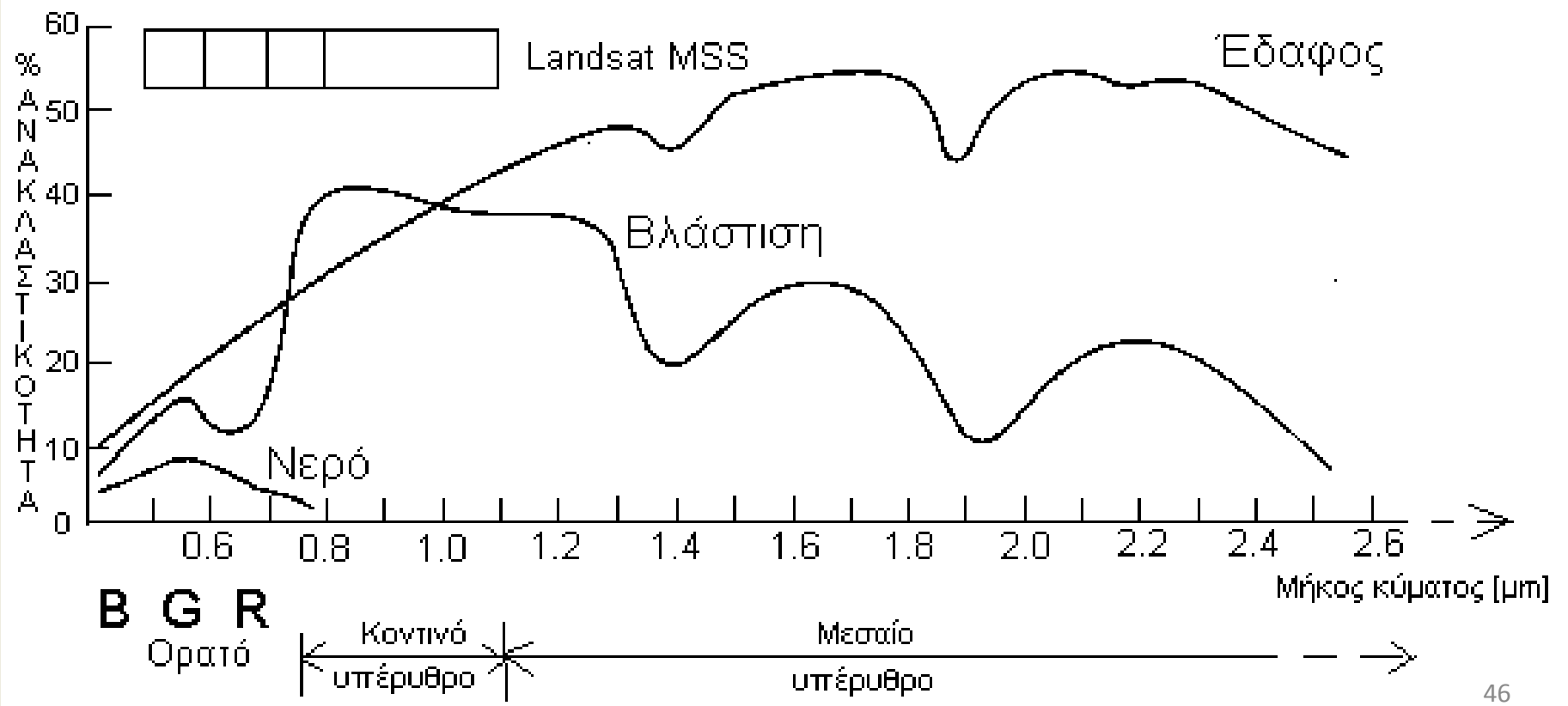
(β) Μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση.


 Nimbus CZCS →


 SPOT HRV


 NOAA AVHRR →


 Landsat - TM
 
 →



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	$12 \times 150 \times 150 = 270000 \text{ m}^2$

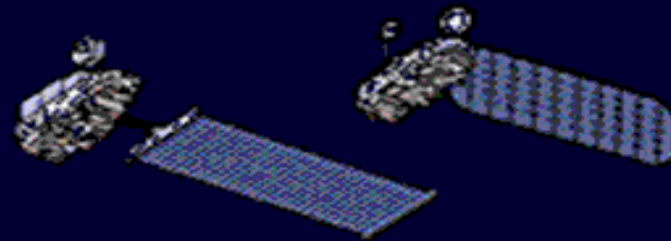
Πλατφόρμες



**Δορυφόροι
πολικής
τροχιάς**



**Διαστημικός
σταθμός**



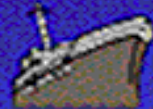
**Συστήματα εξερεύνησης
παρατήρησης της γης**

Αεροπλάνα

Μπαλόνια



Μπούις



Καράβια



**Σταθμός
εδάφους**

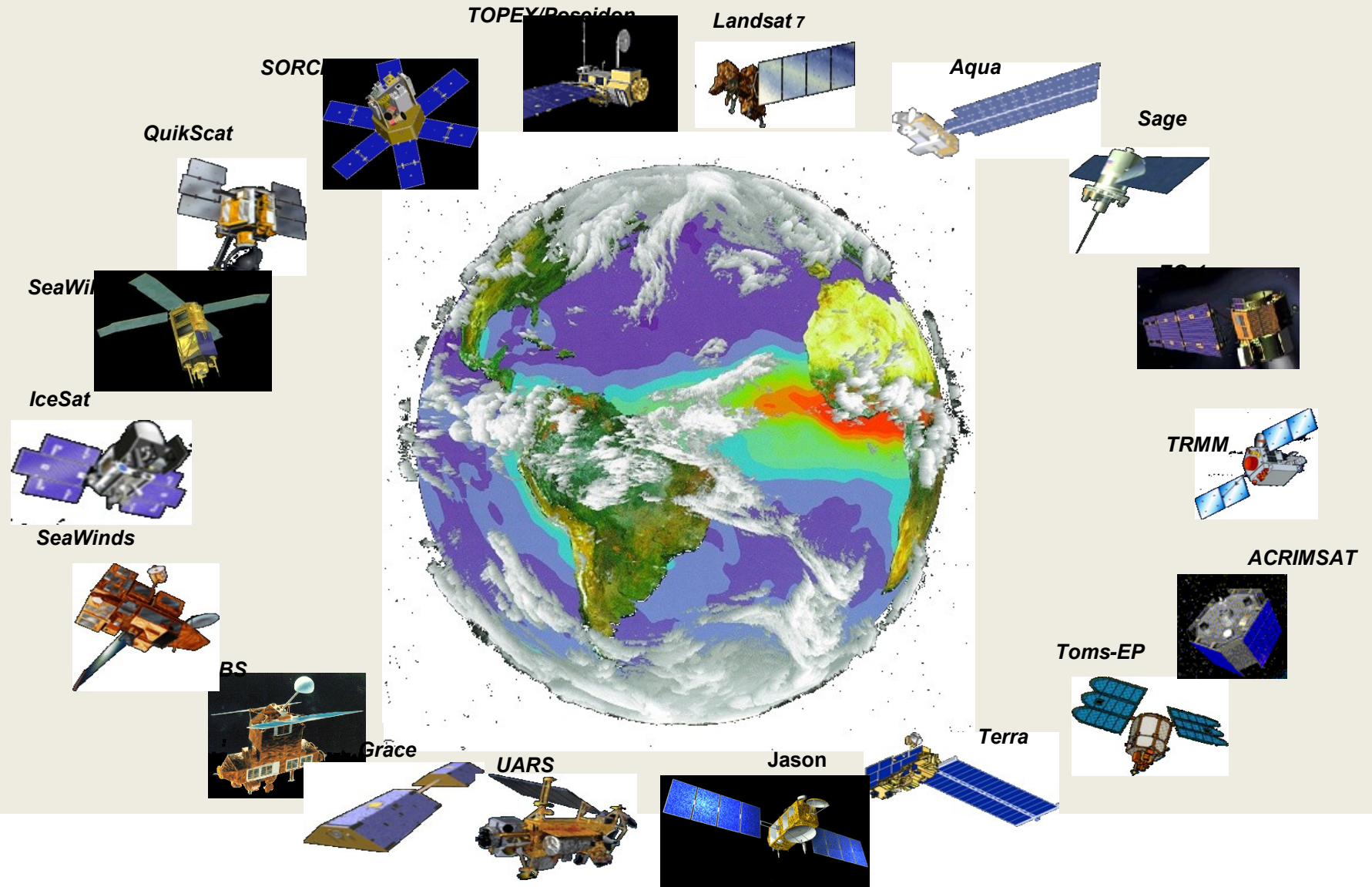
**Βασική
έρευνα**



Κέντρα δεδομένων

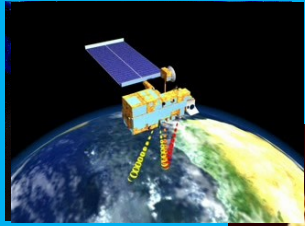


Global Measurements

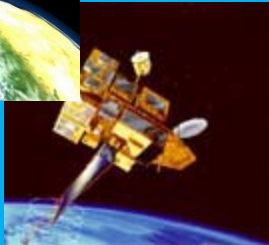


Earth Science Measurement (with partners)

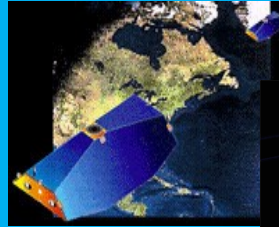
Spaceborne Systems - Global Measurements



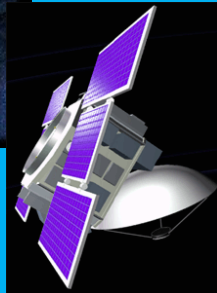
Terra



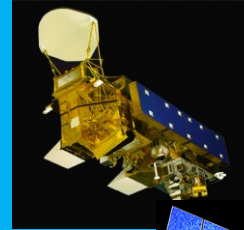
SeaWinds



GRACE



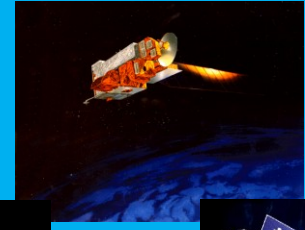
Cloudsat



Aqua



Jason-1



Aura



ICESat

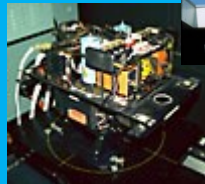
Airborne & In Situ Systems - Local Measurements



AVIRIS



MAMS



MASTER



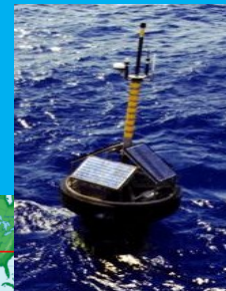
AERONET



Proteus



GTE/TRACE-P



MOBY

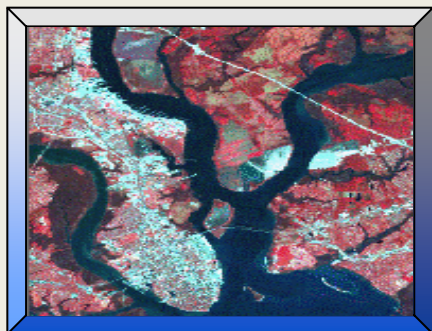


STARLink

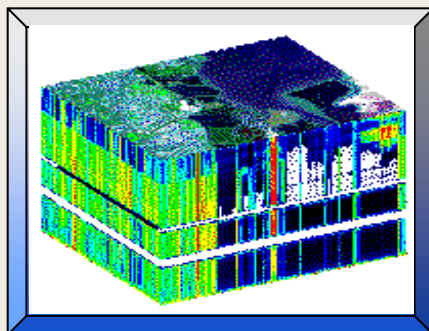


AOCI

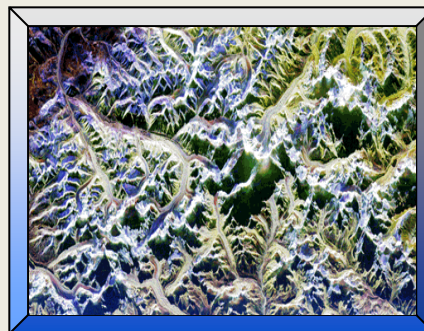
Multiple Remote Sensing approaches



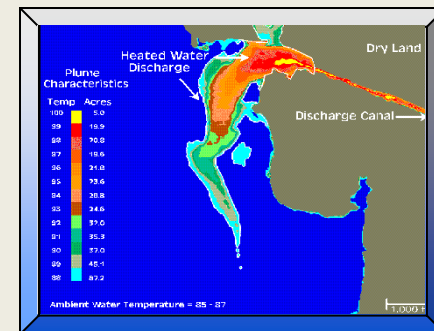
Multispectral



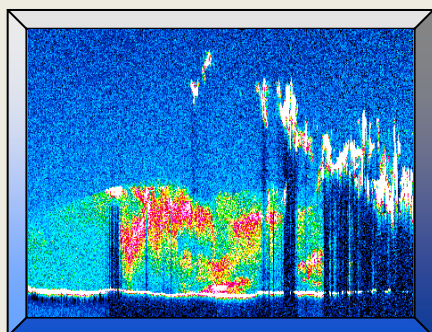
Hyperspectral



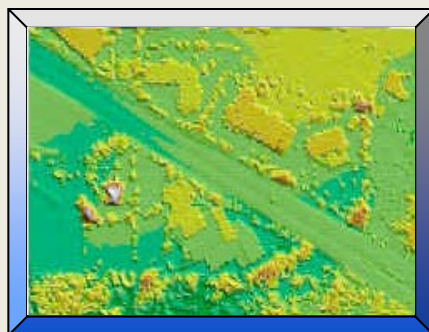
RADAR / SAR



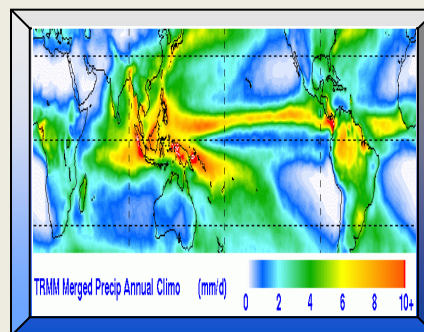
Thermal



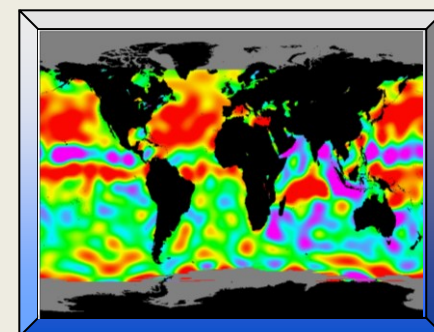
Atmospheric LIDAR



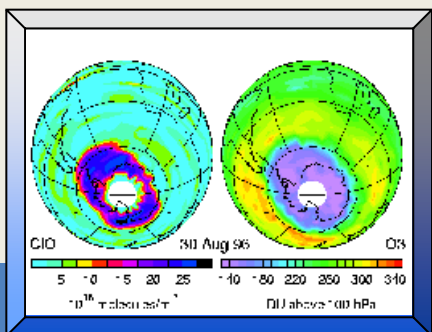
Surface LIDAR



Passive Microwave



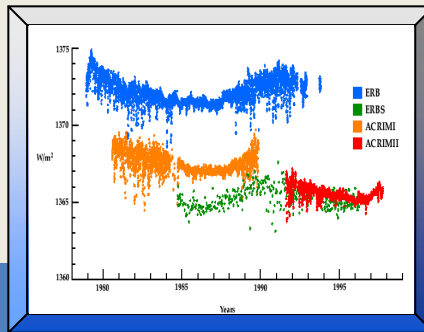
RADAR Altimetry



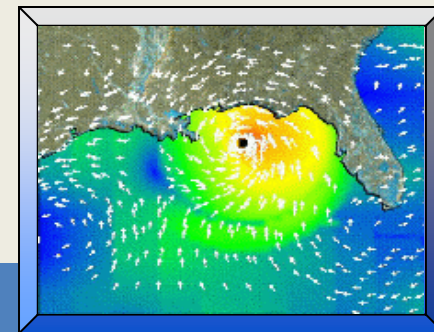
Limb Sounding



Microwave Ranging



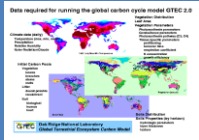
Irradiance/Photometry



Scatterometry

Earth System Models

LAND

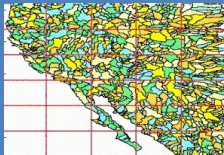


GTEC
Terrestrial
Ecosystem Carbon

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

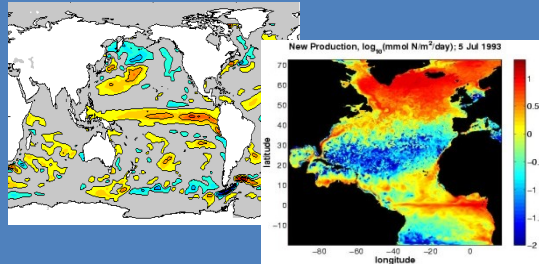
Catchment LSM

Soil Moisture
Transport



OCEANS/ICE

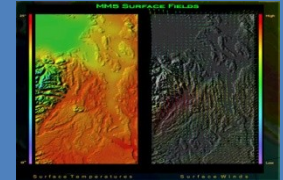
- ROMS** Regional circulation
- MOM3** Multi-scale ocean
- CSIM4** Sea-ice
- NWW3** Global/regional waves
- BOM** Coastal & shelf seas
- GOTM** Turbulence & mixing



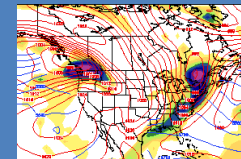
Poseidon, HYCOM
Ocean GCM

ATMOSPHERE

MM5
Mesoscale
Meteorology



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



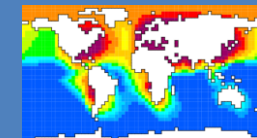
Aries/GEOS
Atmos. GCM



COUPMODEL
Soil-Plant-Atmosphere

COUPLED MODELS

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

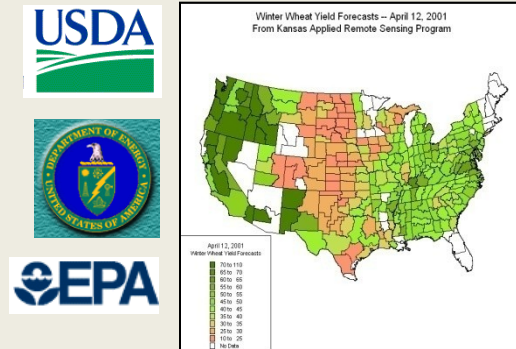


AOM
Atmosphere-Ocean

Decision Support Systems



**Agricultural:
Foreign Agriculture Forecast**



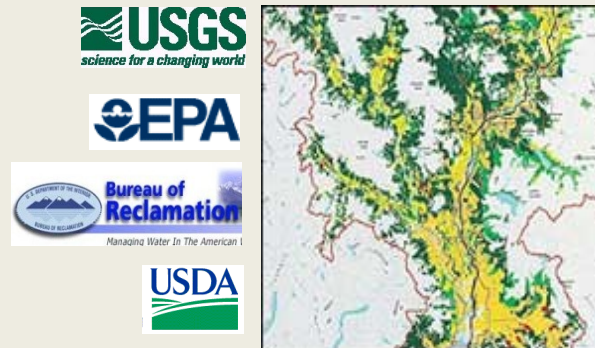
**CCCSTI:
Carbon Management System**



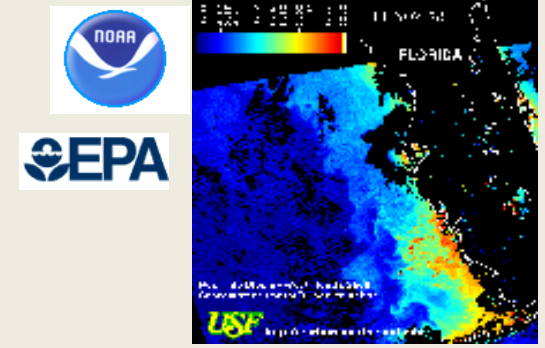
**Invasive Species:
Prediction Center**



**Air Quality:
Community Air Quality**

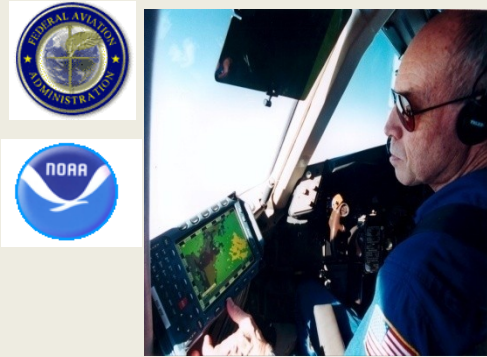


**Water Management:
AWARDS, RiverWare**

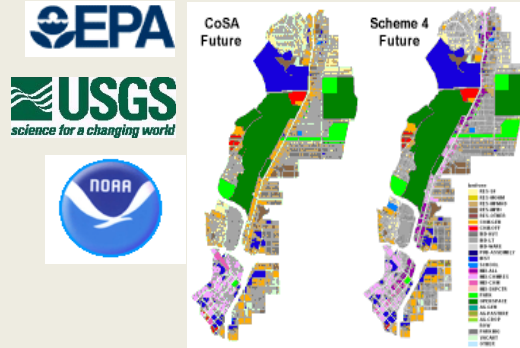


**Coastal Management:
Harmful Algal Bloom
Forecast**

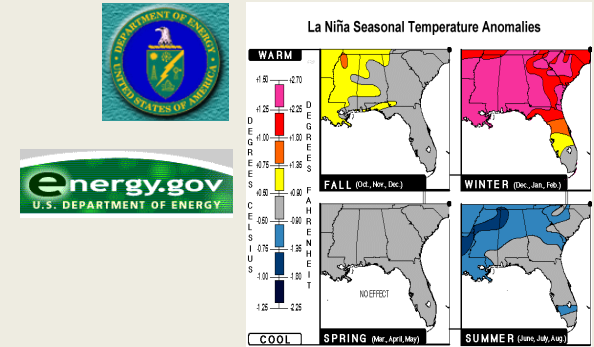
Decision Support Systems



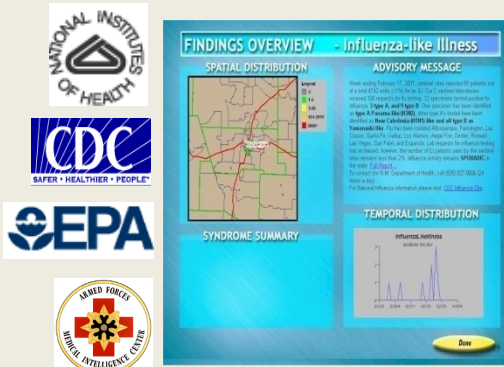
**Aviation Safety:
National Airspace System**



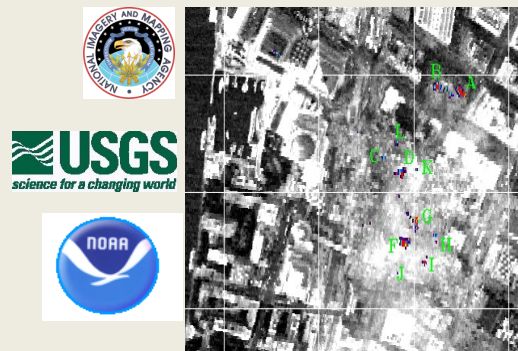
**Community Growth:
Urban Dynamics System**



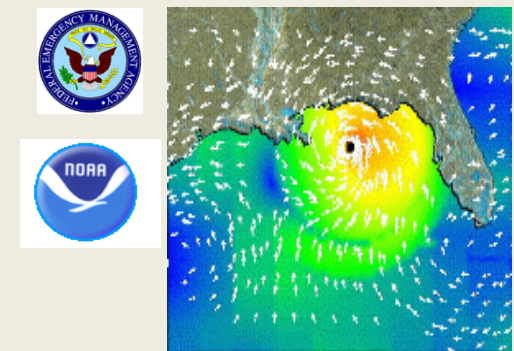
**Energy Forecasting:
Renewable Energy System**



**Public Health:
Risk Assessment System**



**Homeland Security:
Situation Center**



**Disaster Preparedness:
HAZUS Risk Prediction**

Enhancing Partner's Mandates in these National Applications Themes



Carbon Management



Public Health



Energy Forecasting



Aviation Safety



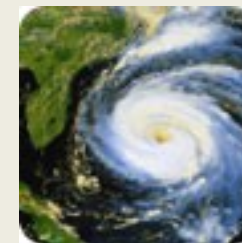
Water Management



Homeland Security



Coastal Management



Disaster Preparedness



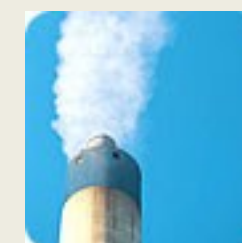
Agricultural Competitiveness



Invasive Species



Community Growth



Air Quality