

ΤΑΞΙΝΌΜΗΣΗ ΠΟΛΥΦΑΣΜΑΤΙΚΏΝ ΕΙΚΌΝΩΝ

Δρ. Χρήστος Βασιλάκος
ΕΔΙΠ Τμήμα Γεωγραφίας

Τι είναι ταξινόμηση

- Ταξινόμηση των Pixels σε πεπερασμένο αριθμό τάξεων
 - Δάσος, Νερό, Αγροτική περιοχή κτλ
- Ο αριθμός και το είδος των τάξεων εξαρτάται από τις ανάγκες των χρηστών
- Με βάση αυτές τις ανάγκες θα επιλεγούν τα τηλεπισκοπικά δεδομένα

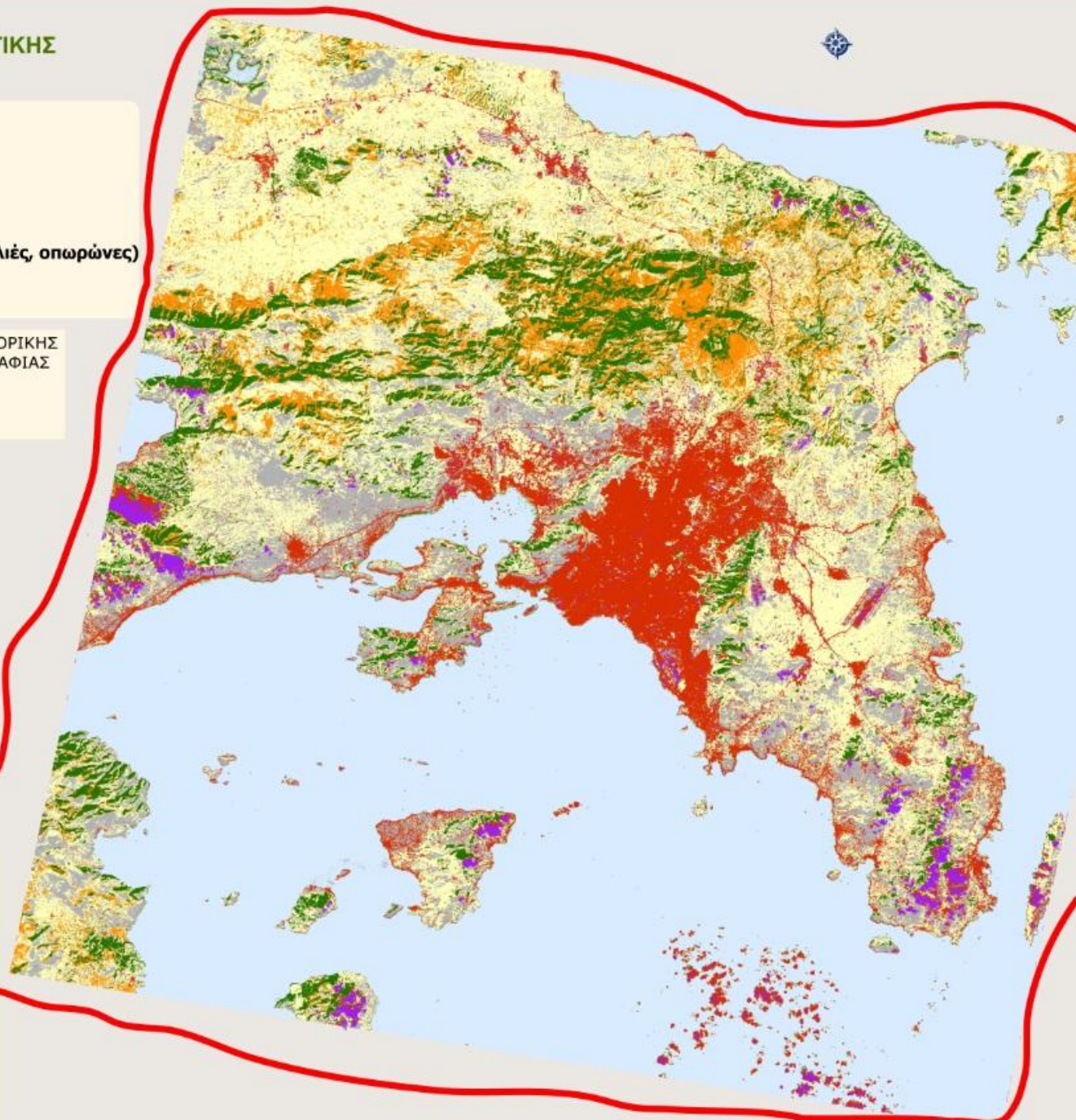
ΚΑΛΥΞΗ ΓΗΣ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΛΥΞΗΣ ΓΗΣ

- αστικές περιοχές
- γυμνό
- δασικές εκτάσεις
- θάμνοι, φρύγανα
- καλλιέργειες (αροτραίες, ελιές, οπωρώνες)
- σύννεφα
- υδάτινες επιφάνειες

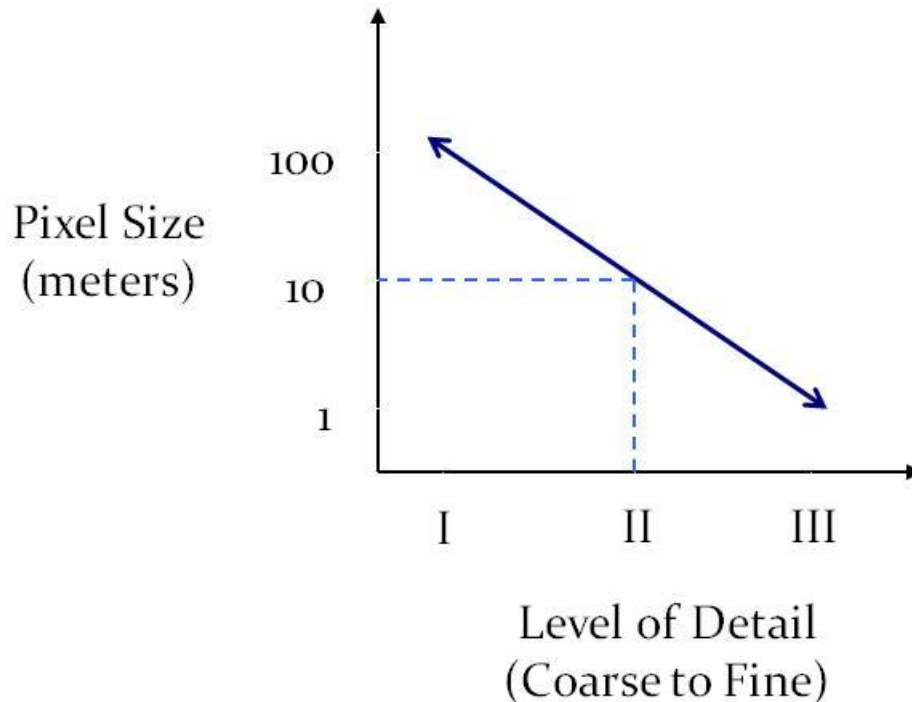
ΠΗΓΗ: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
& ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΙΑΣ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

1:500.000

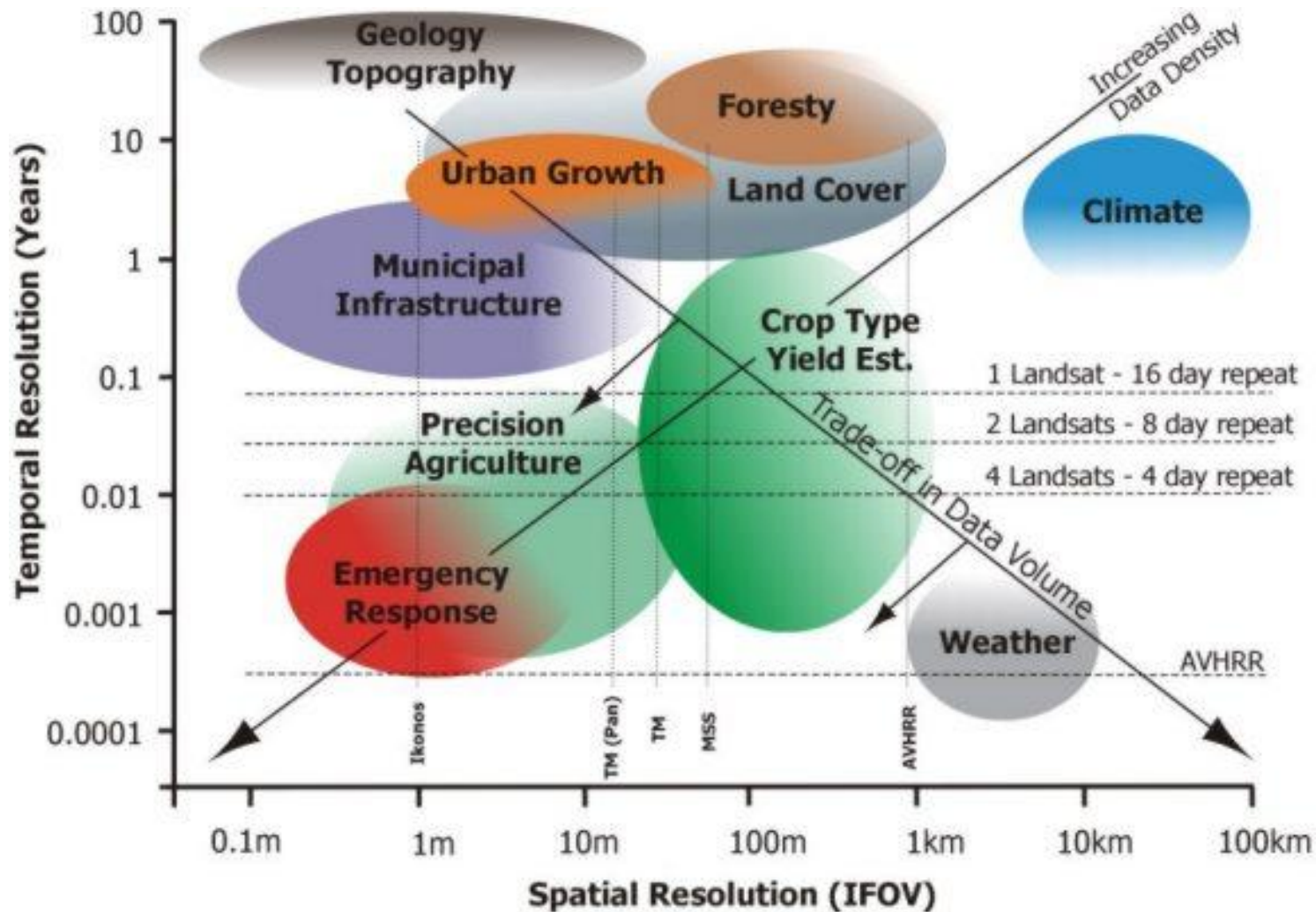


Κλίμακα

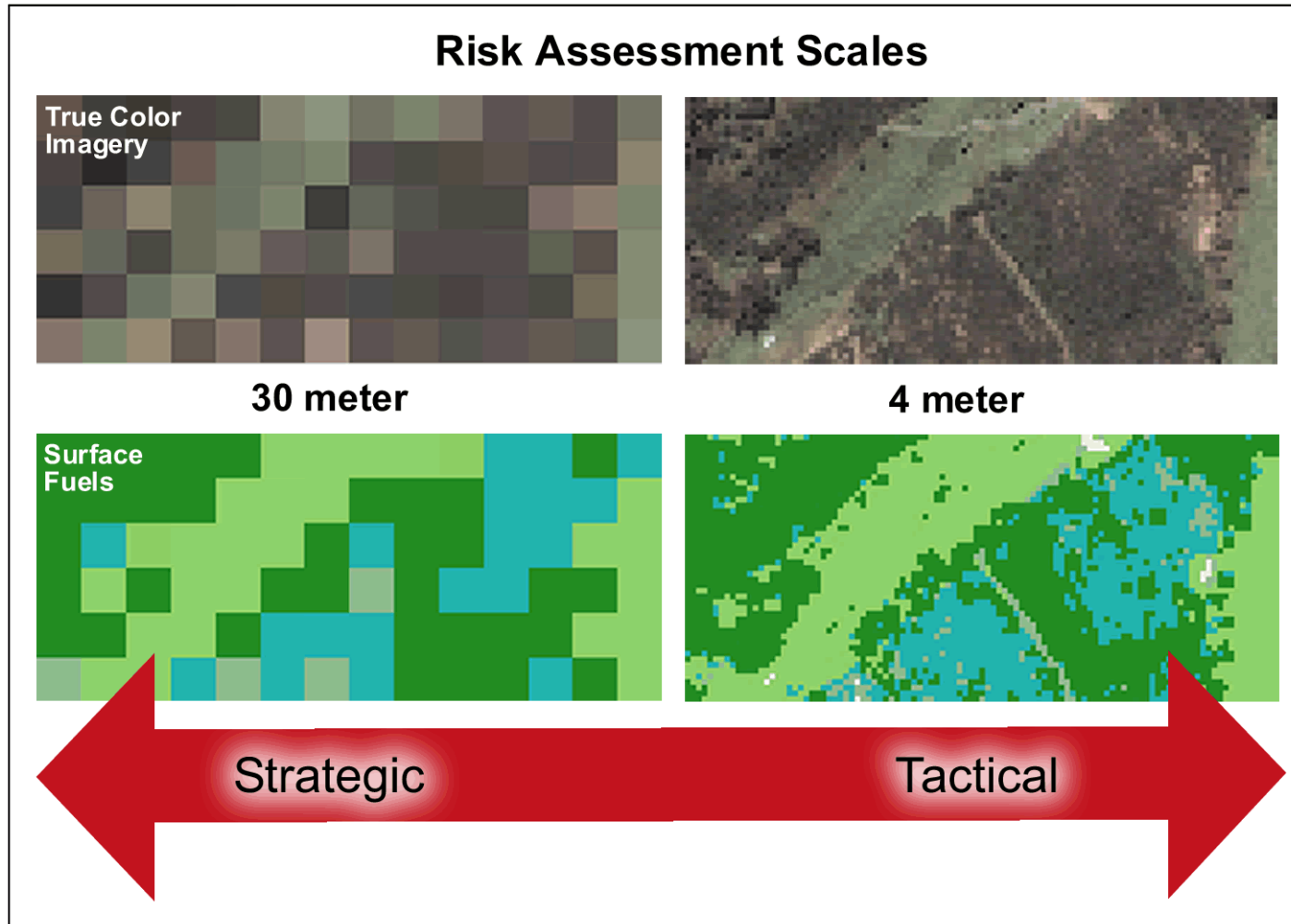
- Η κλίμακα του χάρτη καθορίζει την κλίμακα και την λεπτομέρεια των τάξεων που θα αναγνωριστούν



Επιλογή δεδομένων (I)



Επιλογή δεδομένων (II)



Επιλογή δεδομένων (III)

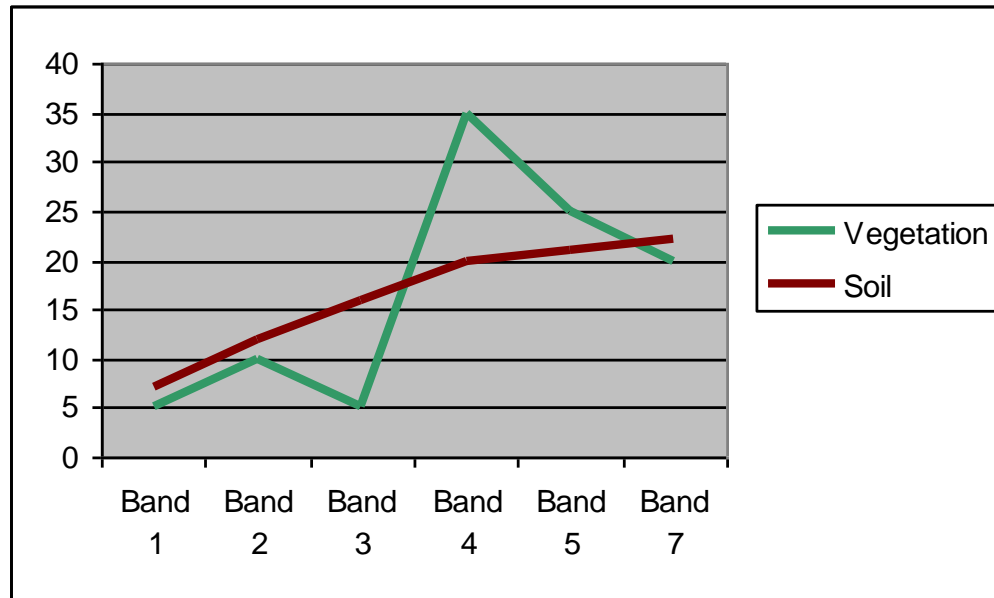
Map scale	Detectable size (in meters)	Raster resolution (in meters)
1:1,000	1	0.5
1:5,000	5	2.5
1:10,000	10	5
1:50,000	50	25
1:100,000	100	50
1:250,000	250	125
1:500,000	500	250
1:1,000,000	1,000	500

Προσοχή!!!

- Η «Εδαφοκάλυψη» δεν πάντα το ίδιο με τις «Χρήσεις γης»
 - ▣ Ταξινόμηση → Εδαφοκάλυψη
 - ▣ Η «Χορτολιβαδική έκταση» είναι τύπος εδαφοκάλυψης. Ο «Βοσκότοπος» ή το «πάρκο αναψυχής» μπορεί να είναι η χρήση της χορτολιβαδικής έκτασης

Βασική στρατηγική

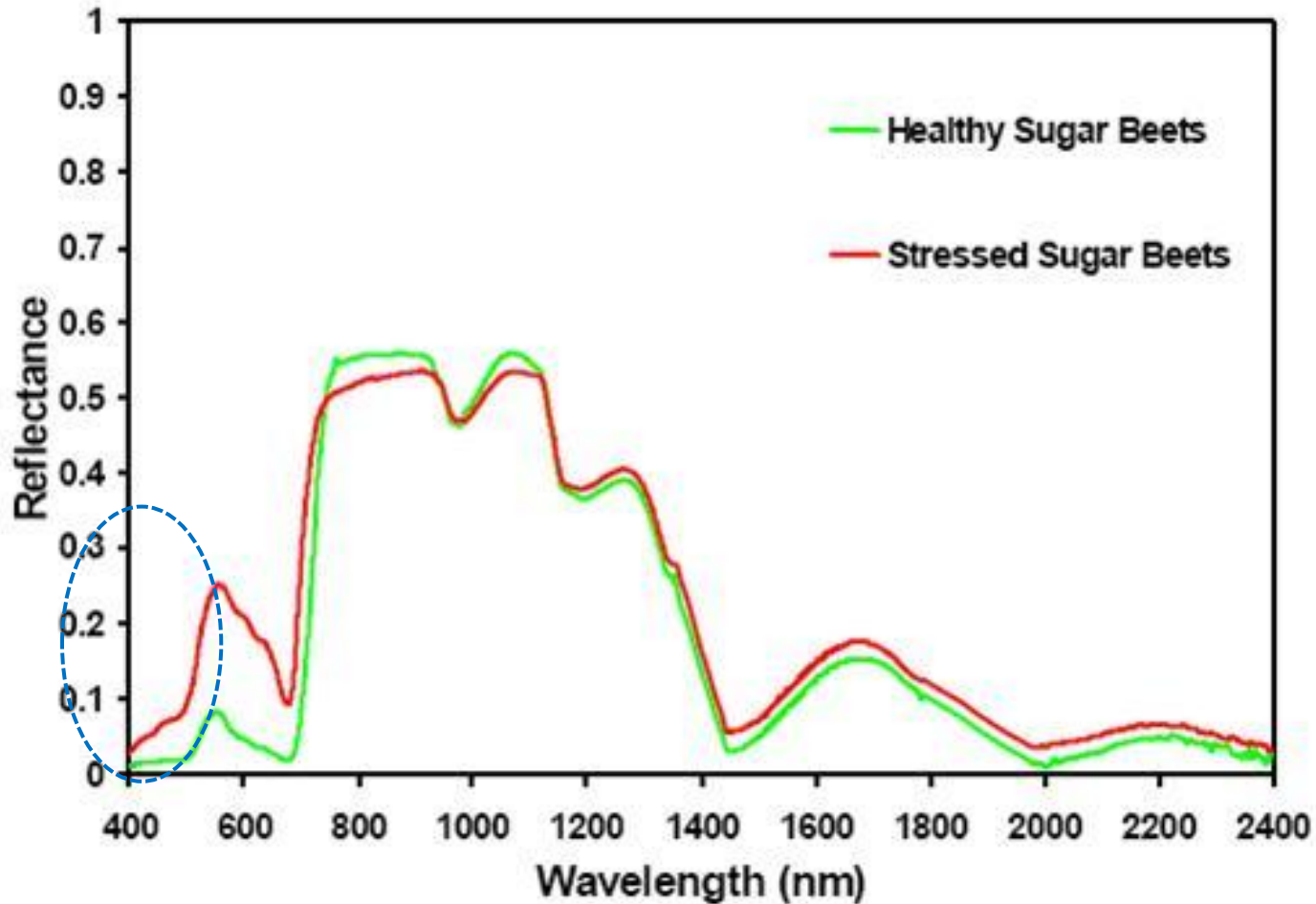
- Ραδιομετρικές ιδιότητες του δέκτη
- Κάθε αντικείμενο/στόχος έχει διαφορετική φασματική υπογραφή



Φασματική διακριτική ικανότητα (I)

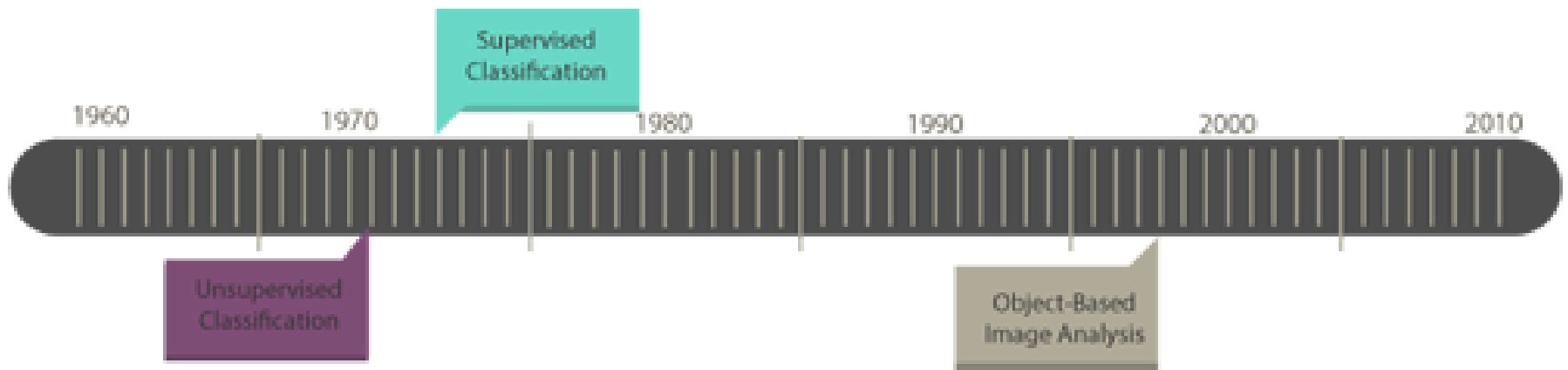
- Περιγράφει την ικανότητα ενός δέκτη να ορίσει τέλειες καμπύλες μήκος κύματος
- Όσο καλύτερη η φασματική ανάλυση, στενότερο το εύρος του μήκος κύματος για ένα συγκεκριμένο κανάλι
- Οι περισσότεροι δορυφορικοί δέκτες είναι πολυφασματικοί (multispectral).
- Εξελιγμένοι πολυφασματικοί δέκτες, που ονομάζονται υπερφασματικοί, διαθέτουν εκατοντάδες πολύ στενές μπάντες από το ορατό έως το μέσο-υπέρυθρο

Φασματική διακριτική ικανότητα (II)



Μεθοδολογίες ταξινόμησης

- Μεθοδολογίες
 - ▣ Επιβλεπόμενη ταξινόμηση (pixel-based)
 - Επιβάλλουμε την αντίληψή μας στα φασματικά δεδομένα
 - ▣ Μη-Επιβλεπόμενη ταξινόμηση (pixel-based)
 - Τα φασματικά δεδομένα επιβάλλουν περιορισμούς στην ερμηνεία μας
 - ▣ Αντικειμενοστραφής ταξινόμηση (object-based)
 - Κατάτμηση (segmentation) εικόνας → Δημιουργία ομοιογενών συνόλων pixel (αντικείμενα) → ταξινόμηση

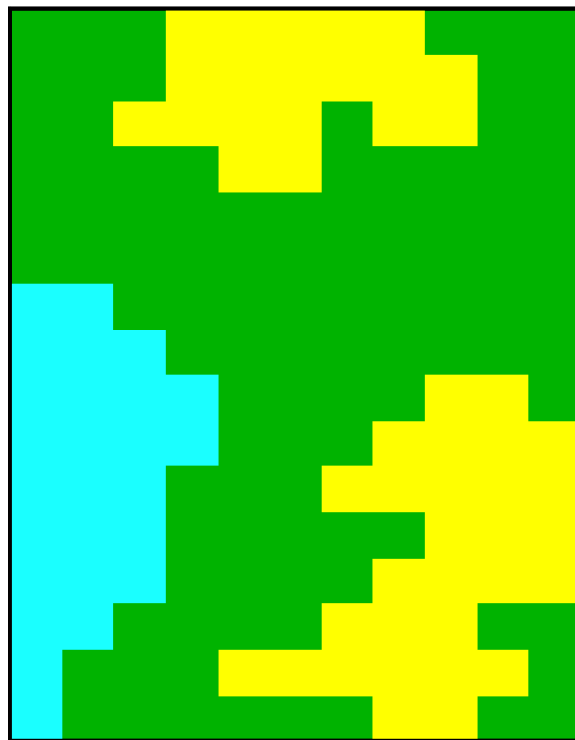


Μη-Επιβλεπόμενη ταξινόμηση

- Δεν ορίζουμε εκ των προτέρων το σετ των τάξεων που θέλουμε να αναγνωρίσουμε αλλά μέσω στατιστικής επεξεργασίας διαχωρίζουμε το n -διάστατο χώρο σε ομάδες (clusters) με τον καλύτερο διαχωρισμό
- Έπειτα, ορίζουμε ονόματα τάξεων στις ομάδες που θα αναγνωριστούν με την παραπάνω διαδικασία

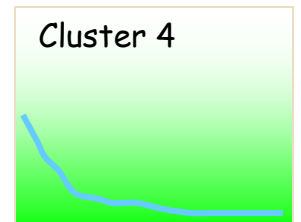
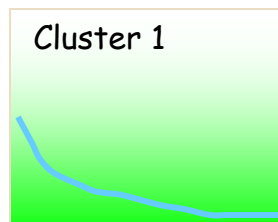
Μη-Επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Ο αναλυτής ζητάει από τον υπολογιστή να εξετάσει την εικόνα και να αναγνωρίσει ένα συγκεκριμένο αριθμό διακριτών φασματικών ομάδων



Ψηφιακή Εικόνα

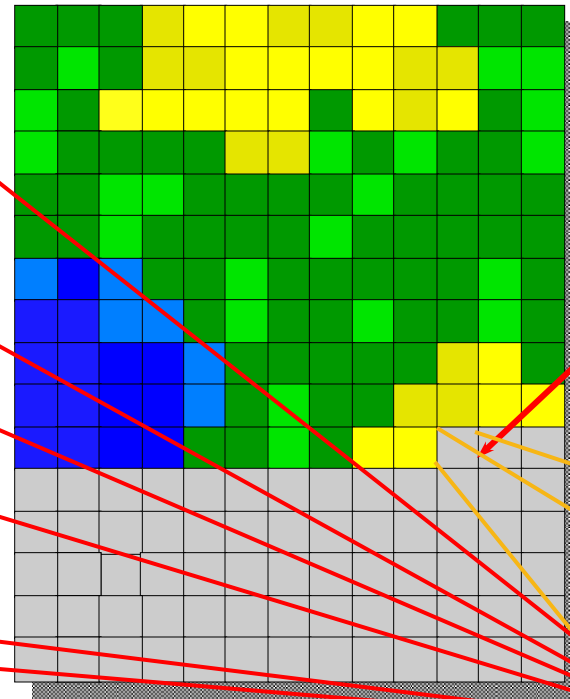
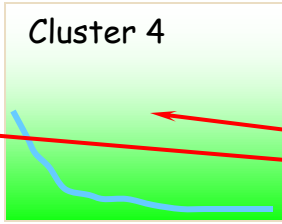
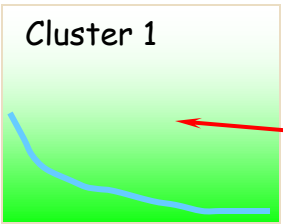
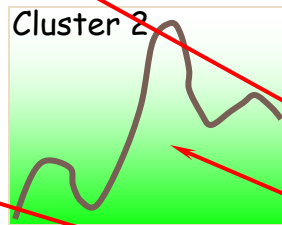
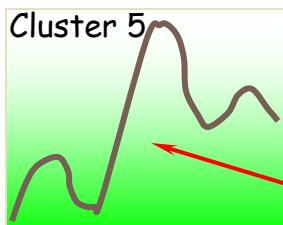
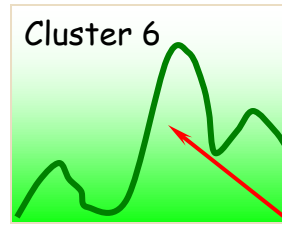
Διακριτές φασματικές ομάδες



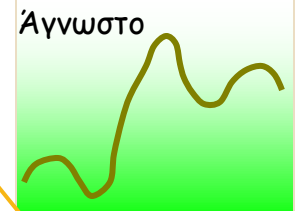
Μη-Επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Αναγνωρισμένες ομάδες

Ταξινομημένη εικόνα



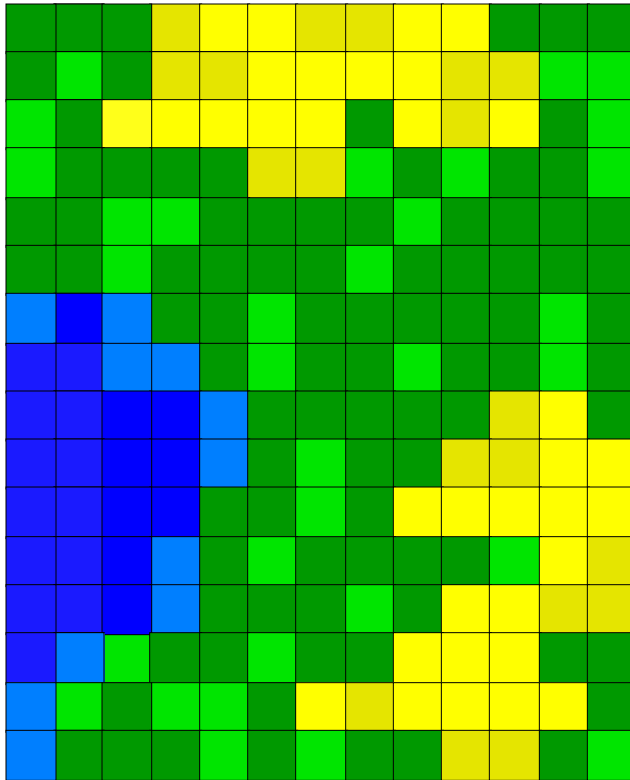
pixel προς
ταξινόμηση



Μη-Επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Το αποτέλεσμα της μη επιβλεπόμενης ταξινόμησης δεν μετατρέπει τα δεδομένα σε πληροφορία μέχρι...

Ο αναλυτής καθορίζει τον τύπο εδαφικάλυψης που αντιστοιχεί σε κάθε αναγνωρισμένη ομάδα ρixel.



-  ??? → Νερό
-  ??? → Νερό
-  ??? → Κωνοφόρα
-  ??? → Κωνοφόρα
-  ??? → Φυλλοβόλα
-  ??? → Φυλλοβόλα

ISODATA

- Επαναληπτική διαδικασία αυτό-οργάνωσης δεδομένων
- Παράμετροι από τον χρήστη:
 - N – Ο μέγιστος αριθμός των ομάδων που θέλει να αναγνωρίσει η χρήστης
 - T – Κατώφλι σύγκλισης
 - M – Ο μέγιστος αριθμός των επαναλήψεων

Αλγόριθμος ISODATA

- Ν τυχαίες μέσες τιμές για κάθε τάξη,
- Ταξινόμηση της εικόνας σύμφωνα με την ελάχιστη απόσταση
- Νέες μέσες τιμές για τις τάξεις
- Νέα ταξινόμηση της εικόνας χρησιμοποιώντας μέσες τιμές των νέων ομάδων
- Νέος υπολογισμός μέσων τιμών
- Ταξινόμηση της εικόνας.....

Αλγόριθμος ISODATA

- Μετά από κάθε επανάληψη ο αλγόριθμος υπολογίζει το ποσοστό των pixels που παρέμειναν στις ίδιες ομάδες
- Όταν το ποσοστό γίνει μεγαλύτερο από το κατώφλι σύγκλισης T το πρόγραμμα σταματάει ή
- Αν το κατώφλι σύγκλισης δεν επιτευχτεί ποτέ τότε το πρόγραμμα θα συνεχίσει για M επαναλήψεις

Επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση απαιτεί από τον αναλυτή να επιλέξει περιοχές εκπαίδευσης όπου γνωρίζει τι βρίσκεται στο έδαφος

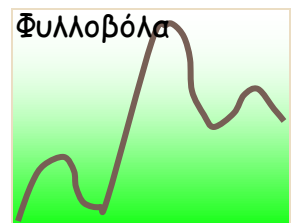
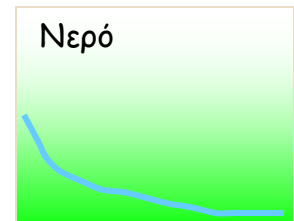
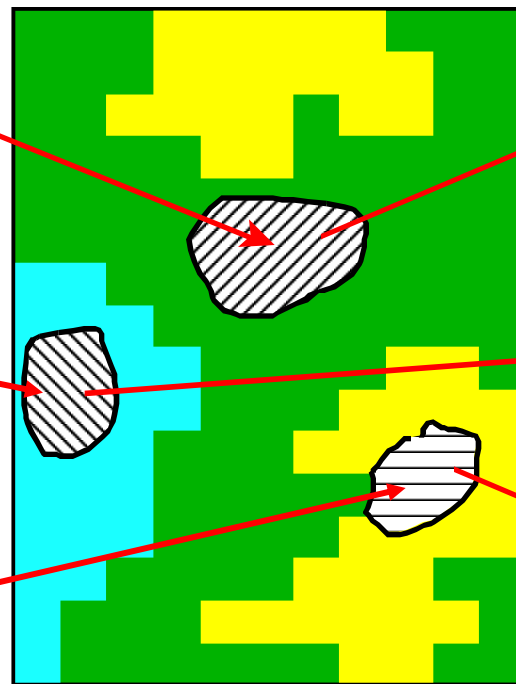
Έπειτα ο υπολογιστής δημιουργεί

Μέση φασματική υπογραφή

Γνωστή περιοχή κωνοφόρων

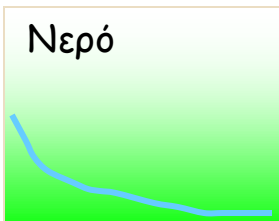
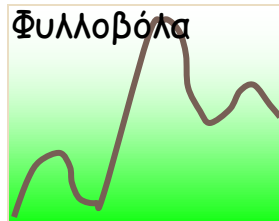
Γνωστή περιοχή νεραίου

Γνωστή περιοχή φυλλοβόλων

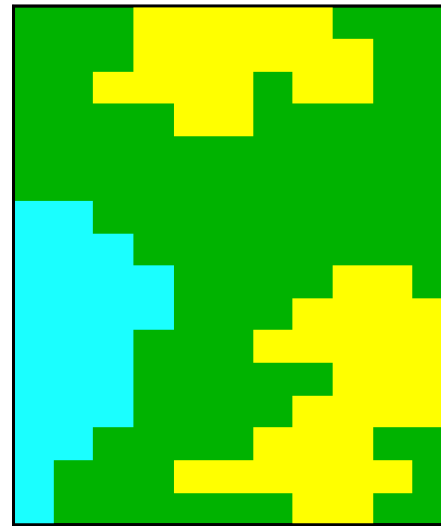


Επιβλεπόμενη ταξινόμηση

Μέση φασματική
υπογραφή

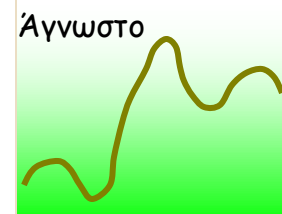
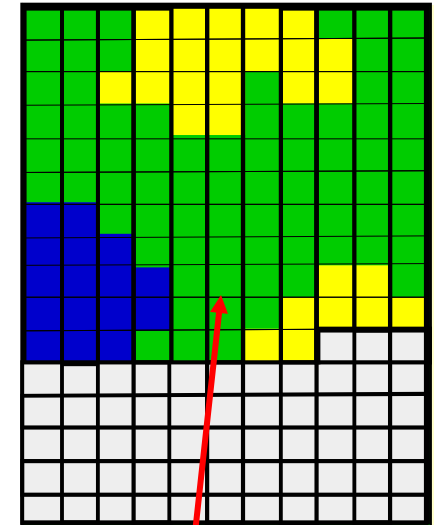


Δεδομένα
Ψηφιακή εικόνα



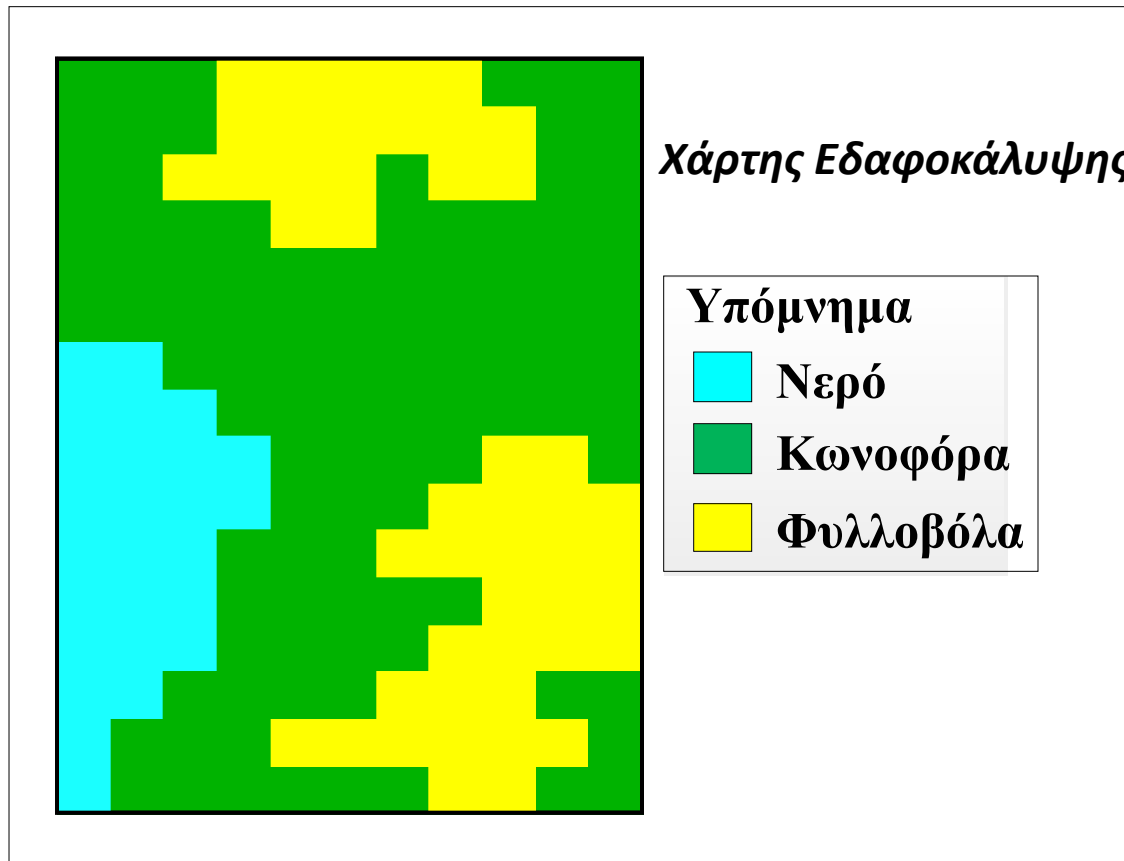
Πληροφορίες

Ταξινομημένη εικόνα



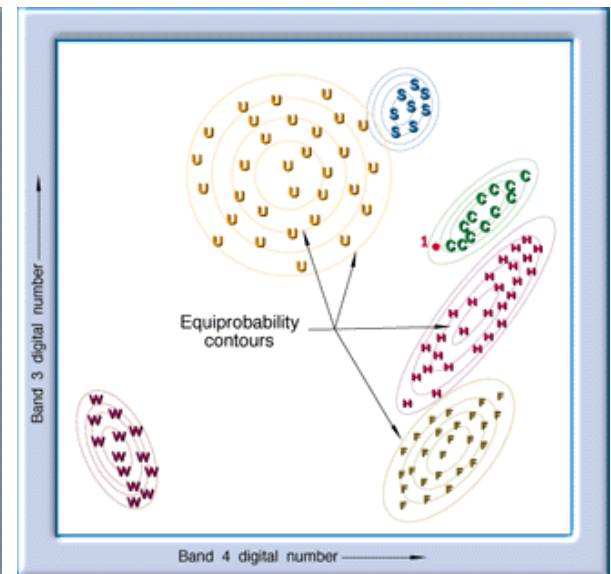
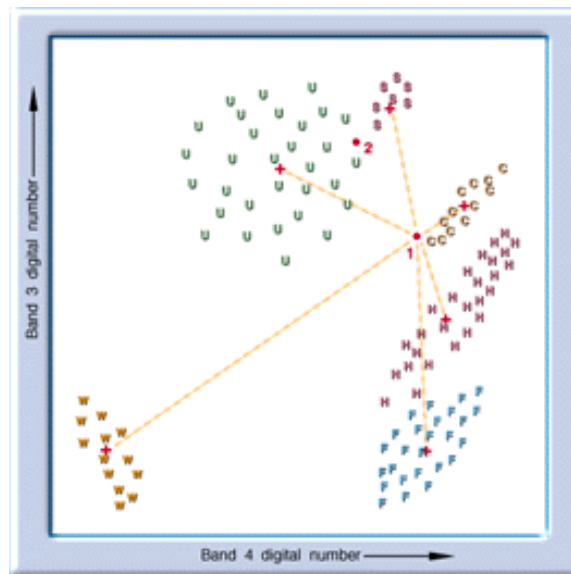
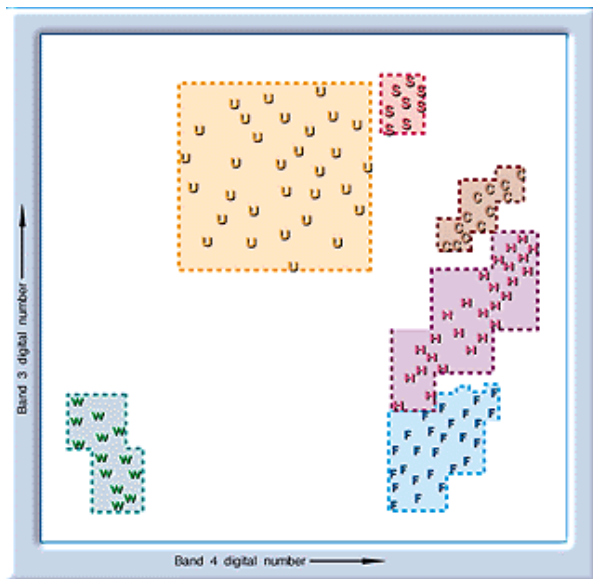
Φασματική
υπογραφή του pixel
προς ταξινόμηση

Αποτέλεσμα → Χάρτης Εδαφοκάλυψης



Αλγόριθμοι Ταξινόμησης

- παραλληλεπιπέδου
- ελάχιστης απόστασης
- απόσταση Μαχαλανοβίς
- μέγιστης πιθανοφάνειας



Άλλοι αλγόριθμοι

Map inputs to outputs

Ref11	Ref12	Ref13	Ref14	Ref15	Ref16	...	Class
64	4	65	65	55	68	...	1
2	6	28	65	60	1	...	1
2	27	84	21	87	12	...	2
89	82	5	99	91	25	...	3
47	100	93	46	14	22	...	2
89	94	18	91	29	76	...	1
87	11	15	46	39	5	...	3
35	54	49	74	58	62	...	4
60	60	71	57	64	58	...	5
56	91	60	20	3	55	...	4
54	71	45	42	46	100	...	6
85	10	14	55	7	53	...	7
35	22	14	95	17	77	...	6
69	99	37	100	48	35	...	6
77	77	64	0	26	39	...	6
26	93	100	61	10	37	...	4
91	11	50	80	11	56	...	3

- Νευρωνικά Δίκτυα
- Random Forest
- Support Vector Machines
- Convolution Neural Networks



Παράδειγμα επιβλεπόμενης ταξινόμησης

Εικόνα Landsat διαστάσεων 7 χ 7 pixels, 2 κανάλια (Κόκκινο και Κοντινό Υπέρυθρο)

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

K3

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

K4

Εσπεριδοειδή (1,2), (4,1)

Ελαιώνας: (1,7), (3,5)

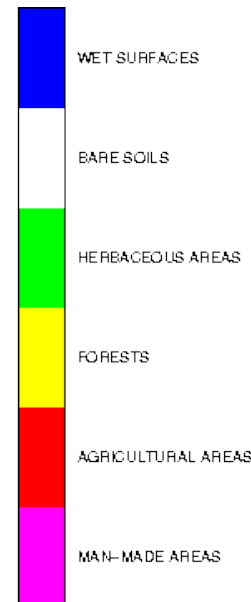
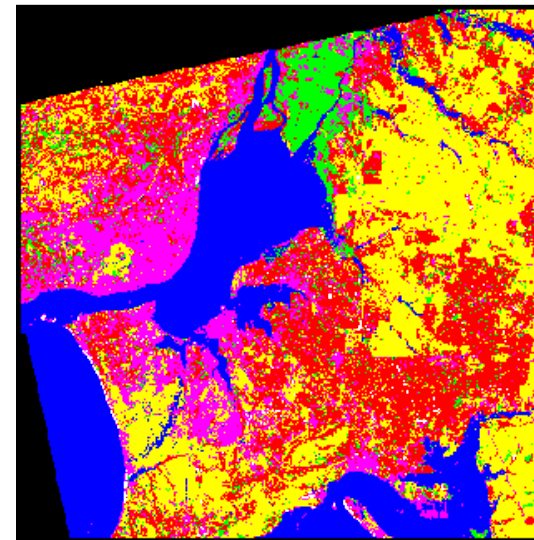
Καλαμπόκι: (1,3), (4,4)

Γυμνό έδαφος: (4,6), (7,3)

Ποια είναι η πηγή των λαθών στην ταξινόμηση

- Λάθη στη γεωμετρική διόρθωση
- Μη πραγματοποίηση ή κακή ατμοσφαιρική διόρθωση
- Μετά από μη επιβλεπόμενη ταξινόμηση αποδόθηκαν λανθασμένες κατηγορίες
- Λάθη στη συλλογή των επιφανειών εκπαίδευσης
- Μη διακριτές κατηγορίες

Στόχος μας είναι να εντοπίσουμε τις πηγές των λαθών και να ελαχιστοποιήσουμε τα λάθη ώστε το σφάλμα της ταξινόμησης να είναι αποδεκτό για οποιαδήποτε περαιτέρω χρήση του θεματικού χάρτη σε επιστημονική έρευνα ή λήψη αποφάσεων.



Αριθμός σημείων αναφοράς

- N: Αριθμός σημείων
- p: Αναμενόμενο ποσοστό ακρίβειας:
- q: 100-p
- E: Επιτρεπόμενο λάθος

$$N = \frac{4 (p) (q)}{E^2}$$

Παράδειγμα: Σε ταξινομημένη εικόνα
επιθυμούμε ακρίβεια 85% με
επιτρεπόμενο λάθος 5% →

Αριθμός σημείων = $4 * 85 * 15 / 25 = \underline{\underline{204}}$

Συλλογή σημείων αναφοράς

- Τα σημεία αναφοράς δεν χρησιμοποιούνται στην διαδικασία της ταξινόμησης παρά μόνο ως σημεία αναφοράς στην αξιολόγηση
- Συνήθως συλλέγουμε τα σημεία αναφοράς κατά τη διάρκεια συλλογής και των σημείων εκπαίδευσης αν και η πλειοψηφία συλλέγεται μετά την ταξινόμηση
- Η συλλογή των σημείων είναι καλό να γίνεται σε ημερομηνία όσο πιο κοντινή προς την ημερομηνία λήψης της εικόνας.

Επιλογή σημείων

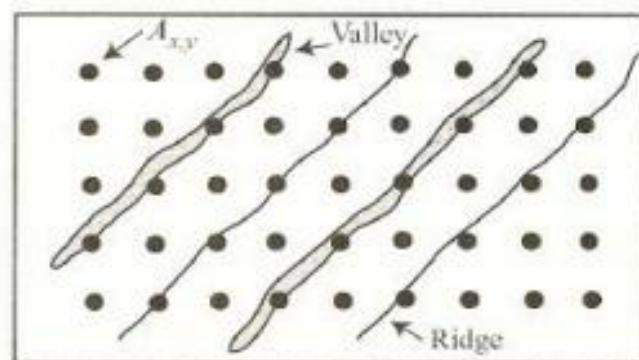
- Τυχαία επιλογή
- Συστηματική επιλογή
- Στρωματοποιημένη τυχαία επιλογή
- Στρωματοποιημένη συστηματική επιλογή
- Ομαδοποιημένη επιλογή

Irregularly Spaced y



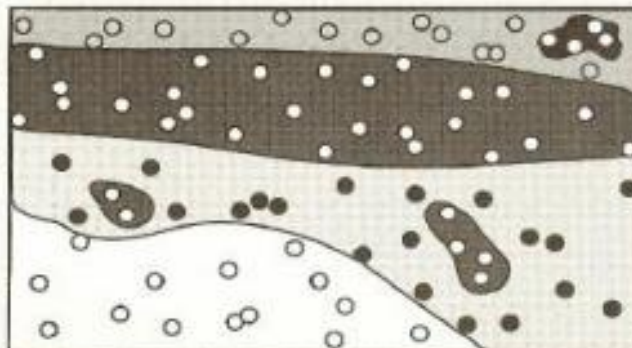
Irregularly Spaced x
a. Random sampling.

Regularly Spaced y



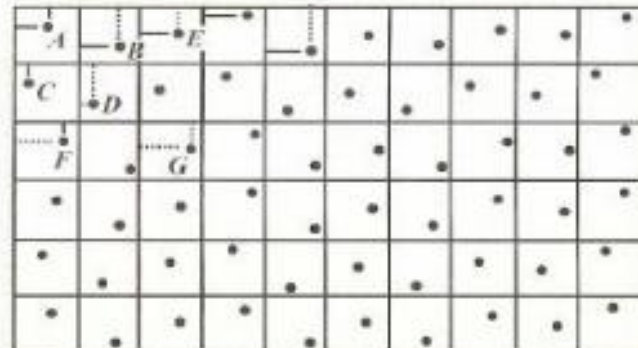
Regularly Spaced x
b. Systematic sampling.

Stratum 1
Stratum 4:
forest
Stratum 2:
corn
Stratum 3

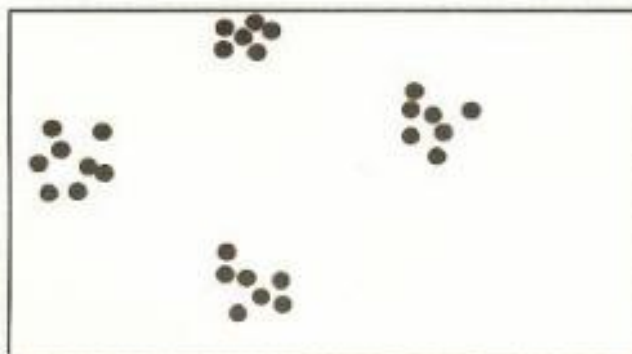


c. Stratified random sampling.

Alignment on Random
Element of Marginals



Alignment on Random Element of Marginals
d. Stratified systematic unaligned sampling.



e. Cluster sampling.

Πίνακας ενδεχομένων (contingency table)

- Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ακρίβειας:
- Πίνακας ενδεχομένων στον οποίο περιλαμβάνονται τα σφάλματα παρερμηνείας (commission errors), τα σφάλματα παράβλεψης (omission errors) και ο συντελεστής K

Classification

	Residential	Commercial	Wetland	Forest	Water	Row total
Residential	70	5	0	13	0	88
Commercial	3	55	0	0	0	58
Wetland	0	0	99	0	0	99
Forest	0	0	4	37	0	41
Water	0	0	0	0	121	121
Column total	73	60	103	50	121	407

Agreement/accuracy: $70/73=96\%$ $55/60$ $99/103$ $37/50$ $121/121$

Omission error: $3/73=4\%$ $5/60$

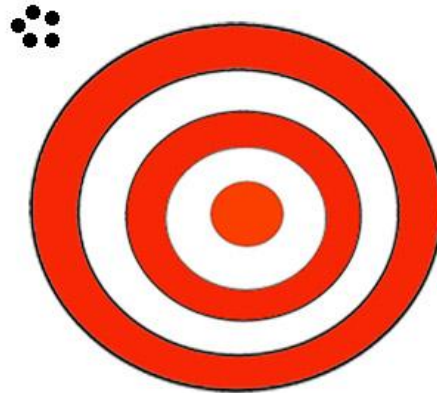
Commission error: $(5+13)/88=20\%$

Overall accuracy: $(70+55+99+37+121)/(73+60+103+50+121)=94\%$

Accuracy vs Precision



Precise AND accurate



Precise, but not accurate



Neither precise nor accurate

Συντελεστής Καρρα

- Ο συντελεστής K εκφράζει την μείωση του σφάλματος μεταξύ μιας διαδικασίας ταξινόμησης σε σύγκριση με μια τελείως τυχαία ταξινόμηση. Για παράδειγμα, μια τιμή $K=0.82$ σημαίνει ότι η ταξινόμηση αποφεύγει το 82% των λαθών που δημιουργούνται από μια τυχαία ταξινόμηση.

$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})},$$

where r is the number of rows in the matrix, x_{ii} is the number of observations in row i and column i , x_{i+} and x_{+i} are the marginal totals of row i and column i , respectively, and N is the total number of observations (Bishop et al., 1975). The KHAT