



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Τηλεανίχνευση - Φωτογεωλογία και Μαθηματική Γεωγραφία

Ενότητα 1: Τηλεανίχνευση - Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας

Γιώργος Σκιάνης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

Περιεχόμενα ενότητας

Πλατφόρμες, σαρωτές και αισθητήρες. Το ΗΜ φάσμα και οι ιδιότητές του. Εικόνες στο ορατό φάσμα και στο υπέρυθρο ανάκλασης. Εικόνες στο θερμικό υπέρυθρο. Εικόνες ραντάρ. Η έννοια της ψηφιακής εικόνας, τεχνικές ψηφιακής ανάλυσης εικόνας. Τηλεανίχνευση και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Εφαρμογές της Τηλεανίχνευσης στις γεωεπιστήμες.



Τηλεανίχνευση – Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας

Ταξινόμηση πολυφασματικών εικόνων

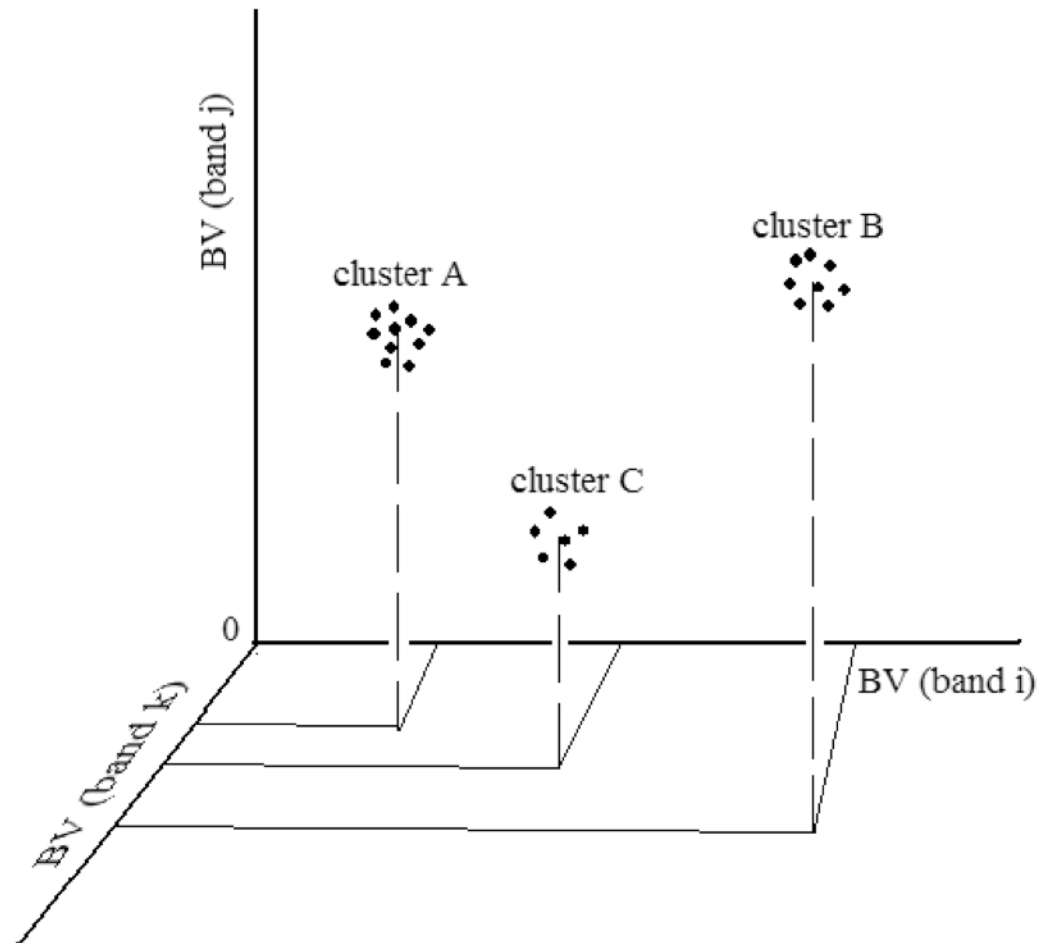
Ταξινόμηση πολυφασματικών εικόνων (1 από 2)

Με τον όρο **ταξινόμηση** ψηφιακής πολυφασματικής εικόνας, υποδηλώνεται η διαδικασία κατηγοριοποίησης των εικονοστοιχείων σε ομάδες, ή **(θεματικές) τάξεις** (classes), με κοινά χαρακτηριστικά, από πλευράς φασματικής απόκρισης ή/και υφής. Η εικόνα που παράγεται από την ταξινόμηση ονομάζεται **θεματικός χάρτης** (thematic map), κάθε εικονοστοιχείο του οποίου έχει μια μη αριθμητική τιμή, που είναι η τάξη στην οποία έχει ταυτοποιηθεί. Οι τάξεις αυτές μπορούν να εκφράζουν λιθολογικές ενότητες, τύπους φυτοκάλυψης, χρήσεις γης και άλλες οντότητες γεωλογικού, εδαφολογικού, χωροταξικού ή φυσικογεωγραφικού χαρακτήρα.



Ταξινόμηση πολυφασματικών εικόνων (2 από 2)

Όταν η ταξινόμηση πραγματοποιείται με βάση τη φασματική υπογραφή του κάθε εικονοστοιχείου ξεχωριστά, τότε πρόκειται για **πολυφασματική ταξινόμηση** (multispectral classification). Σε αυτό το είδος ταξινόμησης, θεμελιώδη σημασία έχει η έννοια της **περιοχής ομαδοποίησης** (cluster).

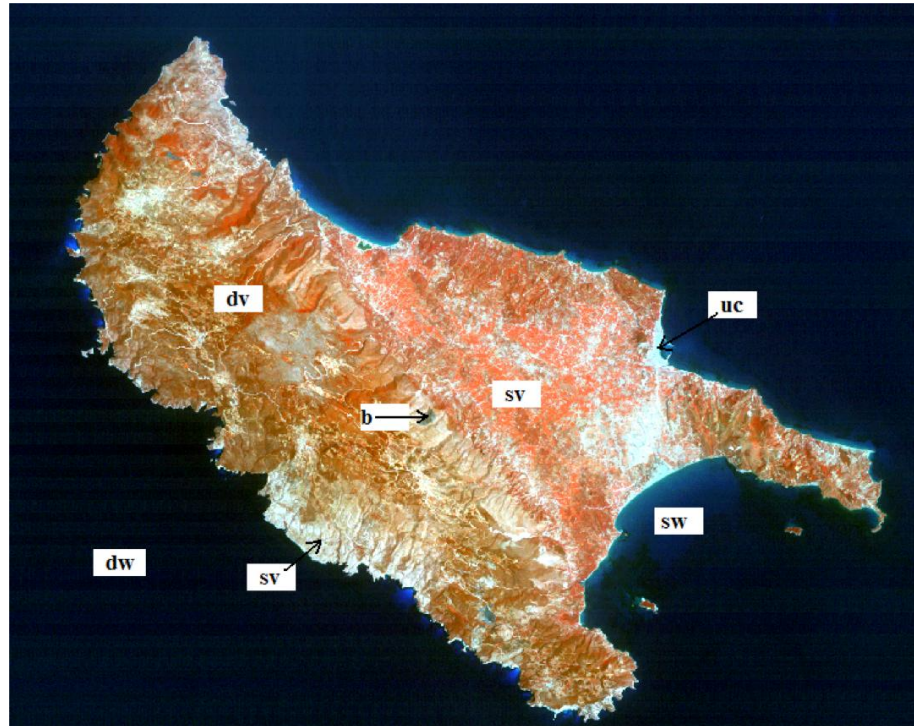


Πολυφασματική ταξινόμηση

- Επιβλεπόμενη
- Μη επιβλεπόμενη



Μεθοδολογία επιβλεπόμενης ταξινόμησης (1 από 3)

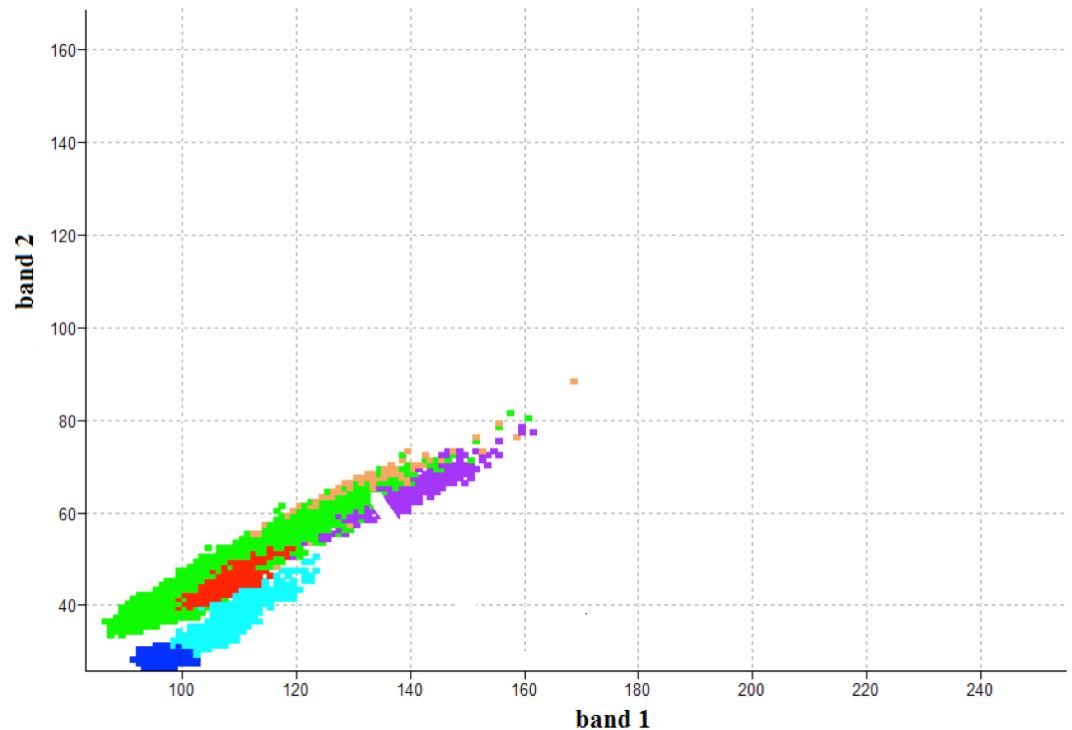


Καθορισμός περιοχών ομαδοποίησης μέσω περιοχών εκπαίδευσης.



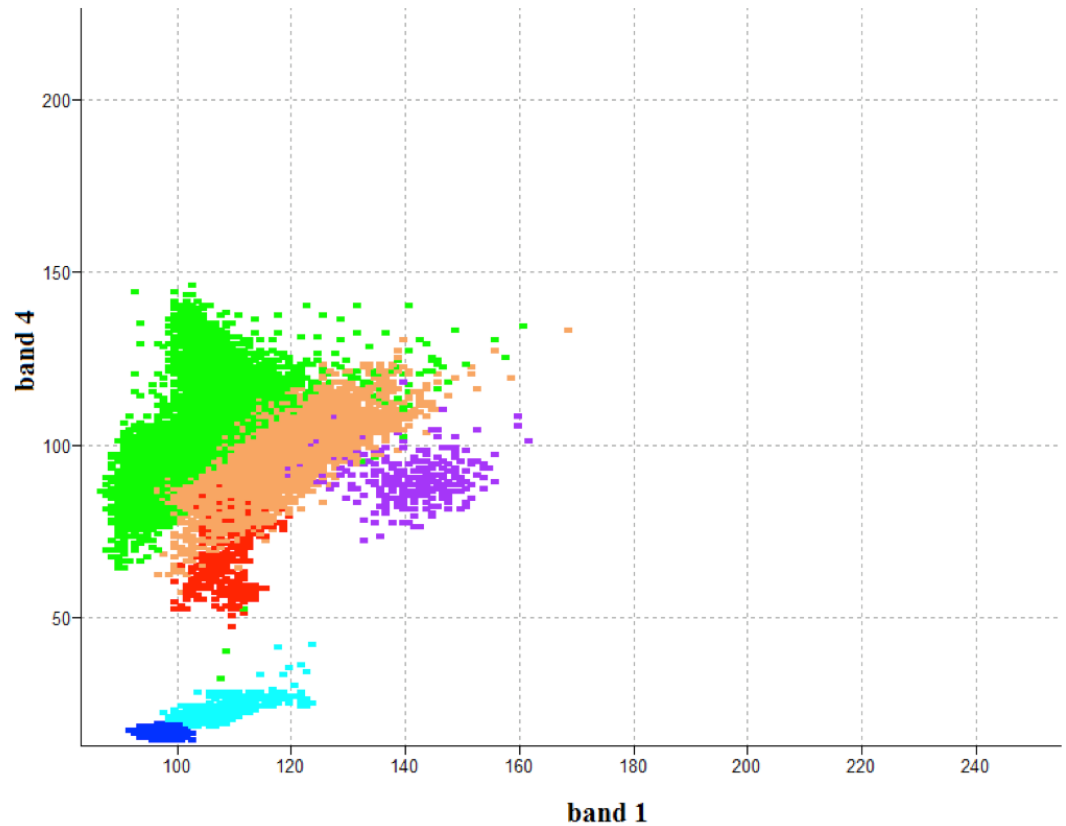
Μεθοδολογία επιβλεπόμενης ταξινόμησης (2 από 3)

Αναπαράσταση των περιοχών ομαδοποίησης της δορυφορικής εικόνας της Ζακύνθου στο φασματικό υποχώρο που ορίζεται από τις ζώνες TM1 και TM2.



Μεθοδολογία επιβλεπόμενης ταξινόμησης (3 από 3)

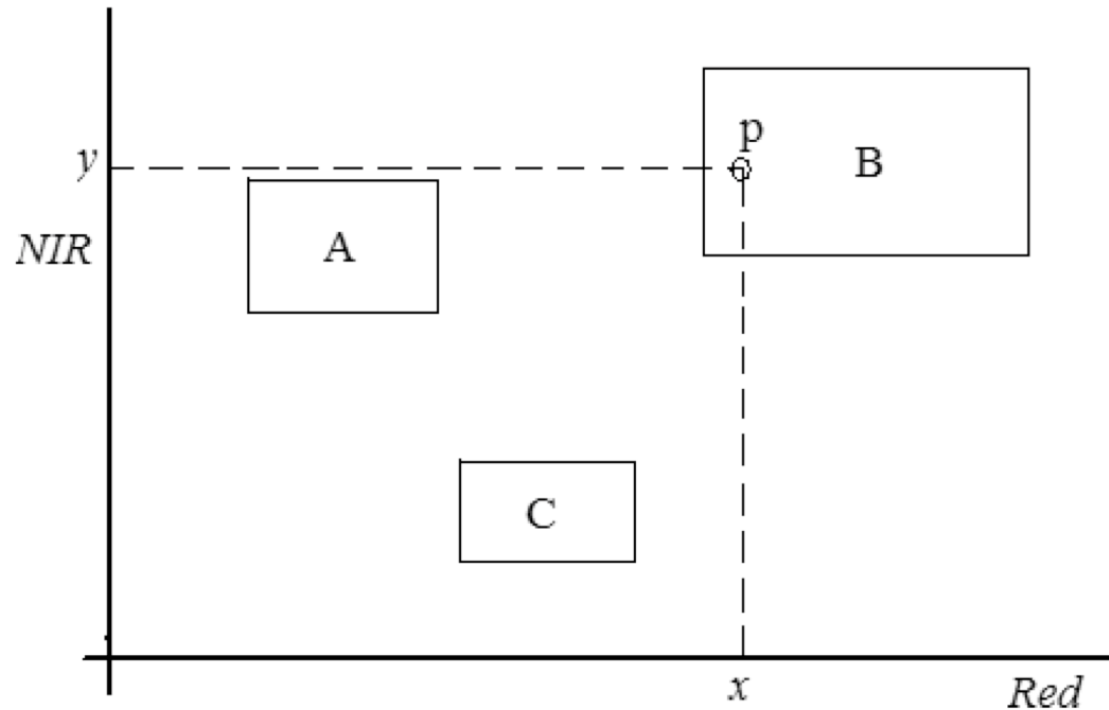
Αναπαράσταση των περιοχών ομαδοποίησης της δορυφορικής εικόνας της Ζακύνθου στο φασματικό υποχώρο που ορίζεται από τις ζώνες TM1 και TM4.



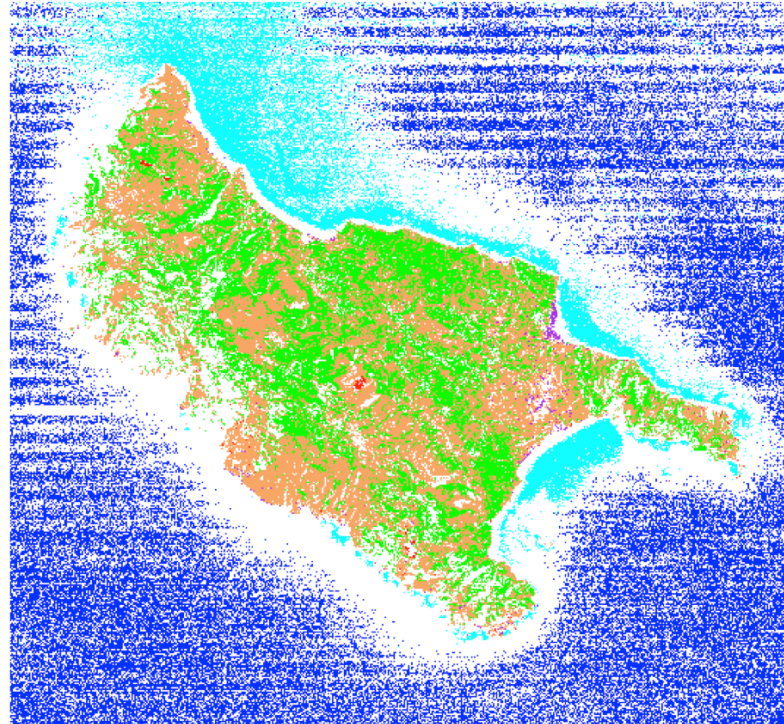
Αλγόριθμοι επιβλεπόμενης ταξινόμησης



Ταξινόμηση με τον κανόνα του παραλληλεπιπέδου (1 από 2)



Ταξινόμηση με τον κανόνα του παραλληλεπιπέδου (2 από 2)



Πολυφασματική ταξινόμηση της εικόνας Landsat TM της Ν. Ζακύνθου με τον κανόνα του παραλληλογράμμου.



Ταξινόμηση με τη μέθοδο της ελάχιστης απόστασης (1 από 3)

$$m_i = \begin{pmatrix} m_{i,1}, m_{i,2}, \dots, m_{i,j}, m_{i,n} \end{pmatrix}^T$$

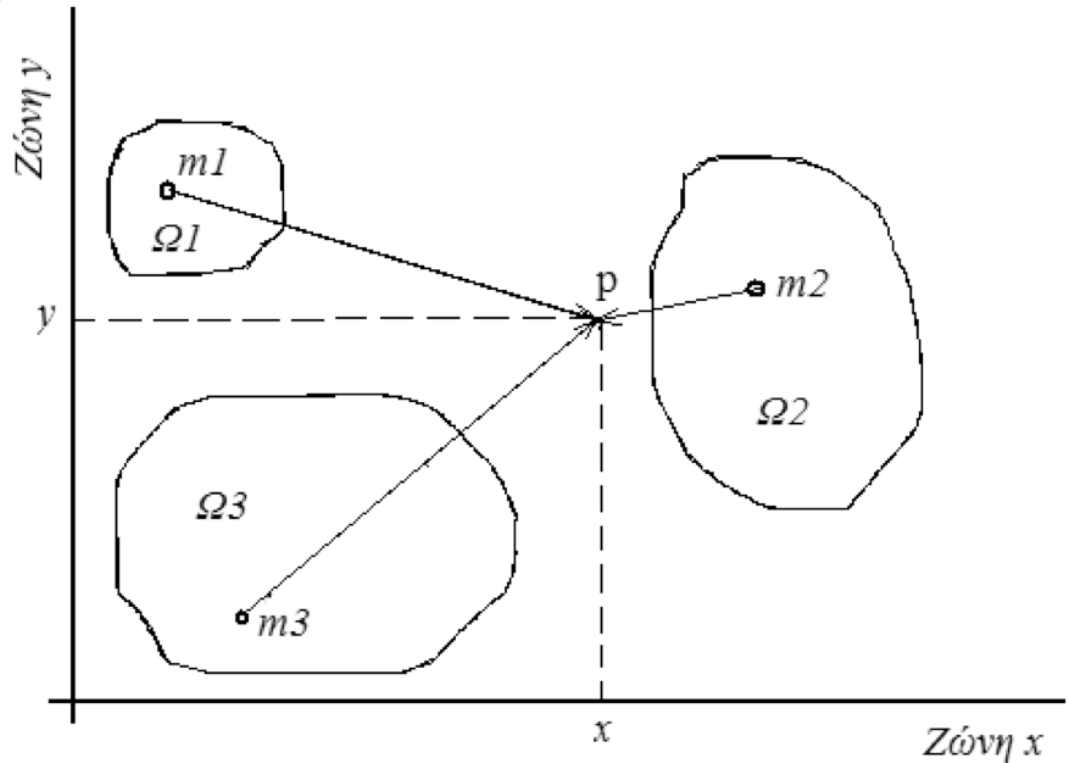
Malahanovis:

$$d_m(x, m_i) = \begin{pmatrix} \hat{e} \\ \hat{e} \end{pmatrix} (x - m_i)^T \hat{a}_i^{-1} \begin{pmatrix} \hat{u} \\ \hat{u} \end{pmatrix} (x - m_i)$$

$$\hat{a}_i = \frac{\sum_{j=1}^N (x_j - m_i) \cdot (x_j - m_i)^T}{N - 1}$$

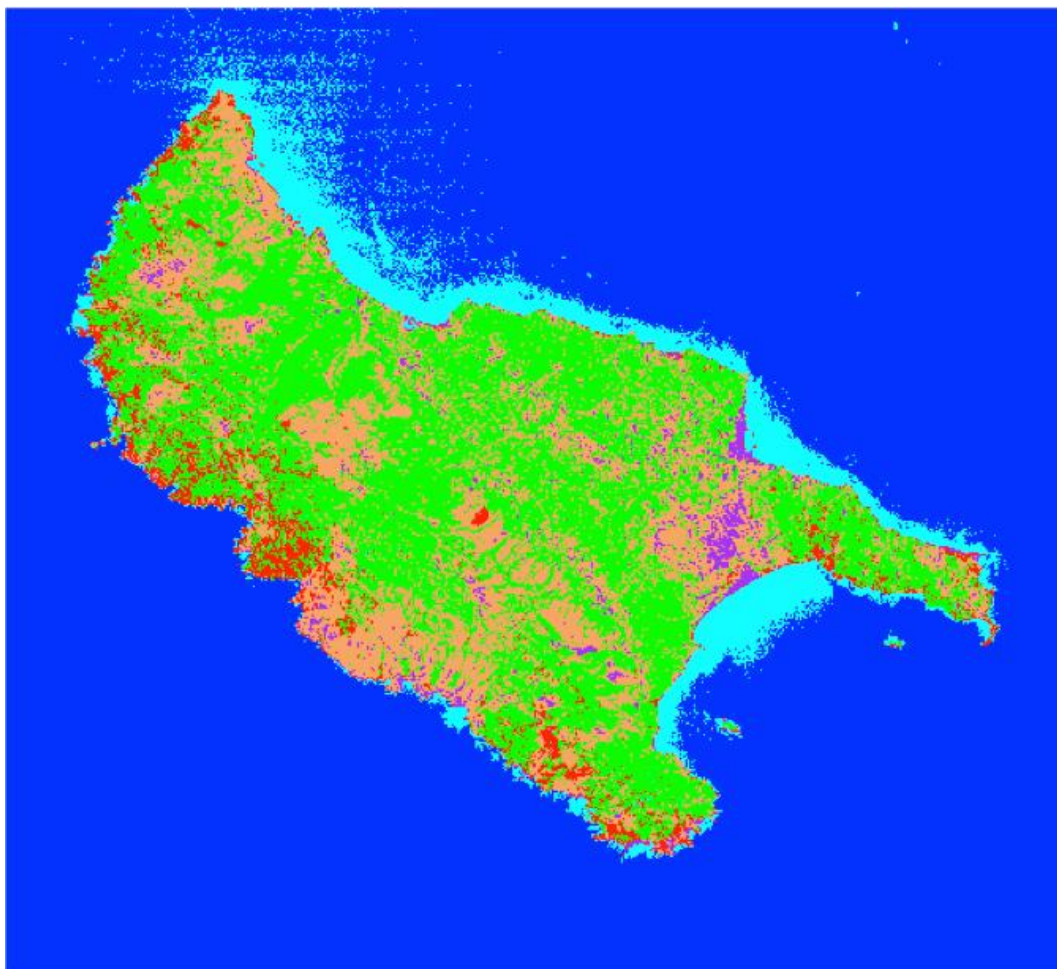
Euclidian:

$$d_e(x, m_i) = \begin{pmatrix} \hat{e} \\ \hat{e} \end{pmatrix} (x - m_i)^T \cdot (x - m_i) \begin{pmatrix} \hat{u} \\ \hat{u} \end{pmatrix}^{1/2} = \begin{pmatrix} \hat{e} \\ \hat{e} \end{pmatrix} (x_1 - m_{i,1})^2 + (x_2 - m_{i,2})^2 + \dots + (x_n - m_{i,n})^2 \begin{pmatrix} \hat{u} \\ \hat{u} \end{pmatrix}^{1/2}$$



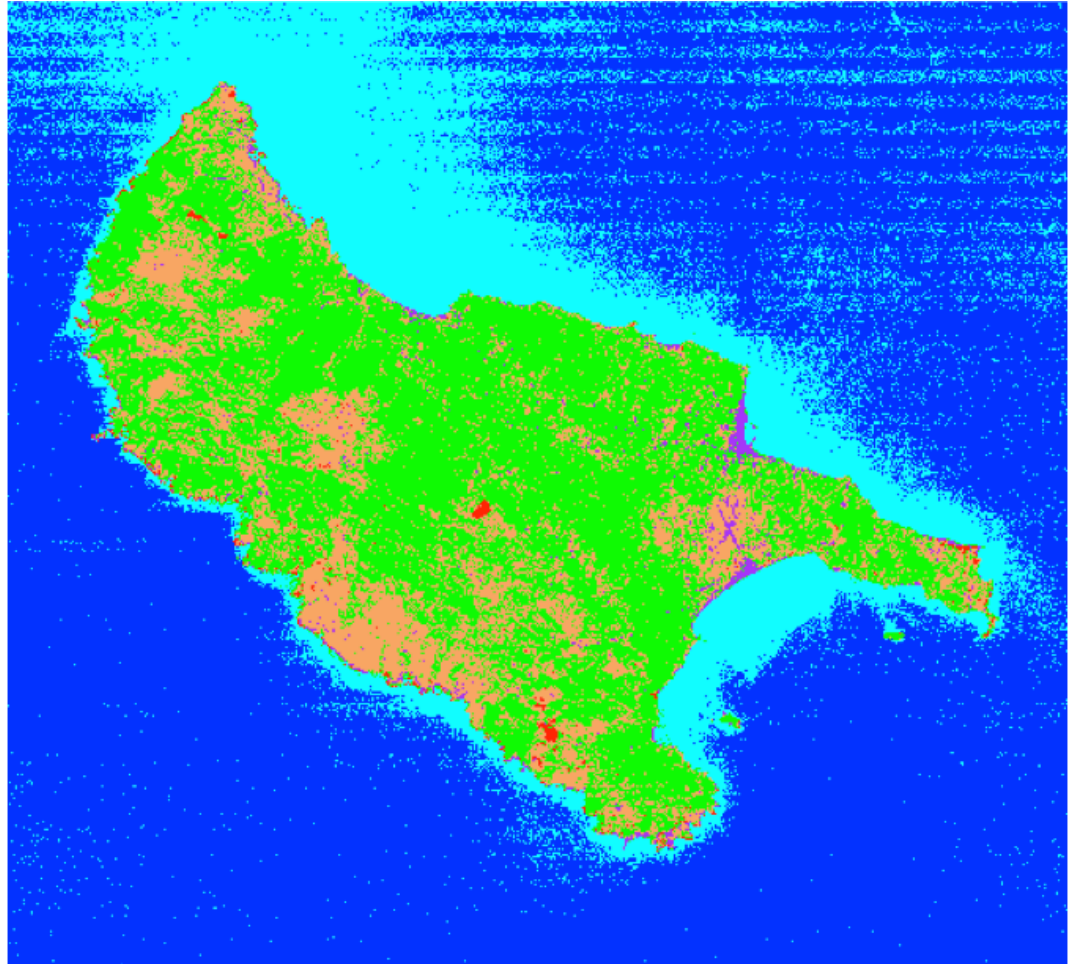
Ταξινόμηση με τη μέθοδο της ελάχιστης απόστασης (2 από 3)

Ταξινόμηση της εικόνας Landsat TM με το κριτήριο της ελάχιστης ευκλείδειας απόστασης.



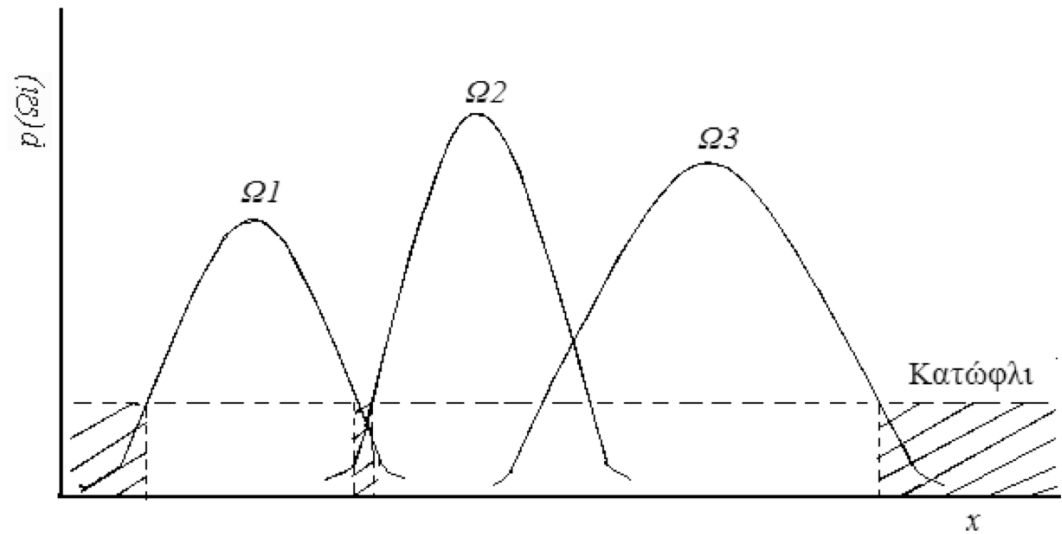
Ταξινόμηση με τη μέθοδο της ελάχιστης απόστασης (3 από 3)

Ταξινόμηση της εικόνας Landsat TM με το κριτήριο της ελάχιστης απόστασης Mahalanovis.

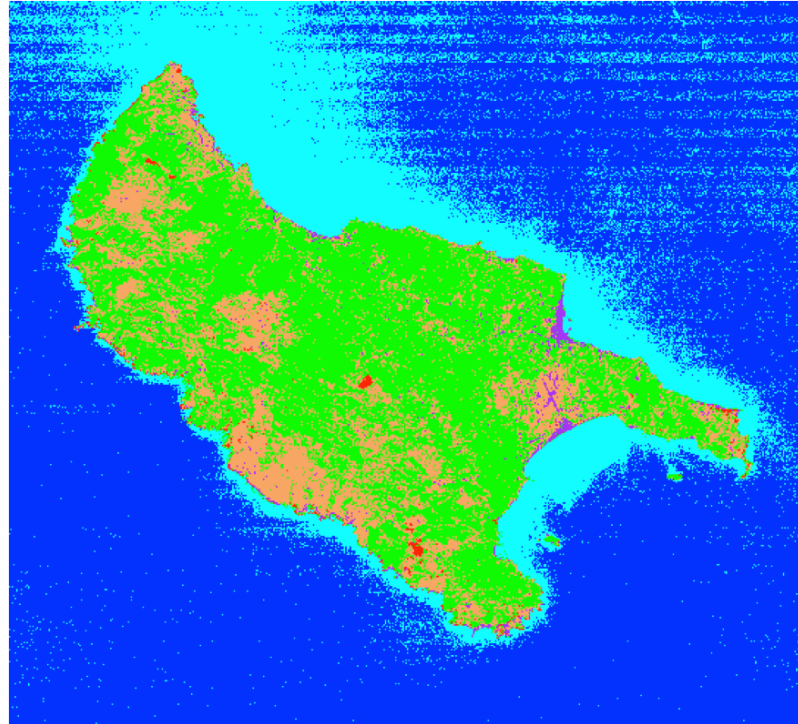


Ταξινόμηση με το κριτήριο της μέγιστης πιθανοφάνειας (1 από 2)

Ταξινόμηση με το κριτήριο μέγιστης πιθανοφάνειας, με βάση μια μόνο φασματική ζώνη (άξονας x). Τα εικονοστοιχεία με τιμές φωτεινότητας στις γραμμοσκιασμένες περιοχές δεν ταξινομούνται γιατί η μέγιστη πιθανότητα $p(x_i)$ δεν υπερβαίνει την τιμή κατώφλιου (p -κατώφλι).



Ταξινόμηση με το κριτήριο της μέγιστης πιθανοφάνειας (2 από 2)



Ταξινόμηση της εικόνας Landsat TM της Ν. Ζακύνθου με το κριτήριο της μέγιστης πιθανοφάνειας.



Ταξινόμηση με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (1 από 2)

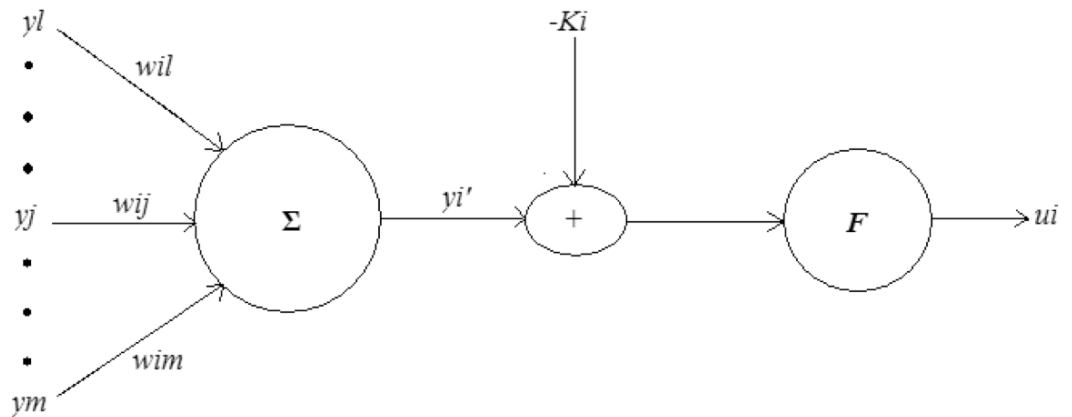
$$\hat{y}_i = \sum_{j=1}^m w_{ij} y_j$$

(γραμμικός συνδυασμός δεδομένων εισόδου με συναπτικά βάρη)

$$u_i = F(\hat{y}_i - K_i)$$

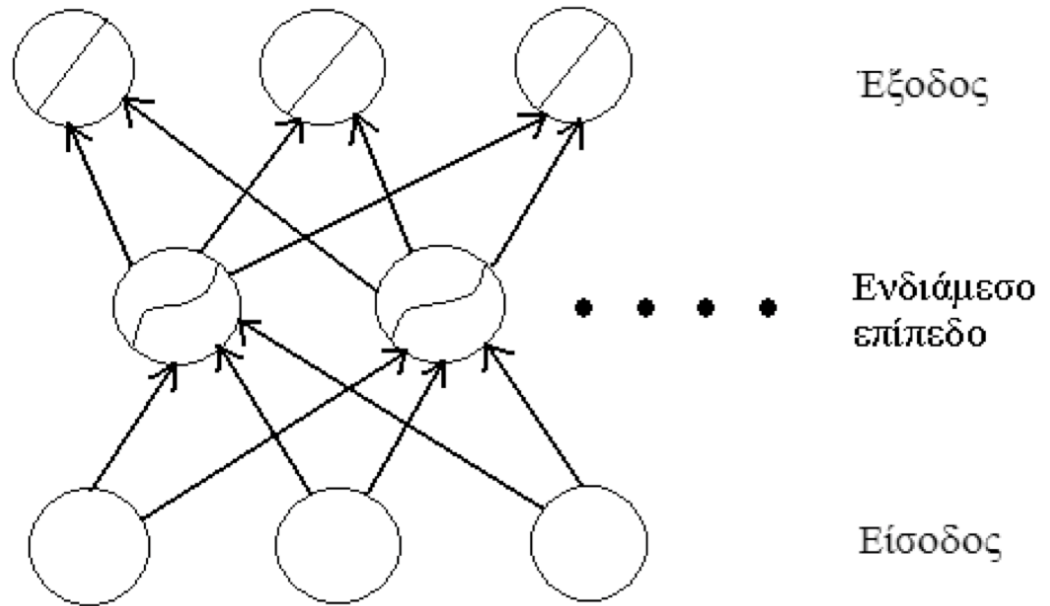
(αφαίρεση τιμής κατωφλίου και έξοδος μέσω συνάρτησης F)

$$F(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$



Ταξινόμηση με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (2 από 2)

Στην ταξινόμηση δορυφορικών εικόνων, χρησιμοποιούνται συνήθως τα **πολυστρωματικά νευρωνικά δίκτυα πρόσω διάδοσης**, ή, εν συντομία, **δίκτυα BP**. Αυτά τα νευρωνικά δίκτυα αποτελούνται από το **επίπεδο εισόδου** (input), τα **ενδιάμεσα επίπεδα** (hidden layers) και το **επίπεδο εξόδου** (output).



Αλγόριθμος οπισθόδρομης διάδοσης σφάλματος (1 από 3)

- Εισαγωγή αυθαίρετων αρχικών τιμών συναπτικών βαρών και υπολογισμός της τιμής εξόδου για κάθε διάνυσμα τιμών φωτεινότητας, που αντιστοιχεί σε εικονοστοιχείο της περιοχής εκπαίδευσης
- Σύγκριση των υπολογιζόμενων τιμών εξόδου με τις αληθείς τιμές εξόδου. Υπολογισμός του σφάλματος
- Αλλαγή των συναπτικών βαρών, ξεκινώντας από το επίπεδο εξόδου και με κατεύθυνση το επίπεδο εισόδου
- Υπολογισμός των νέων τιμών εξόδου των διανυσμάτων των εικονοστοιχείων των περιοχών εκπαίδευσης, με βάση τις διορθωμένες τιμές συναπτικών βαρών



Αλγόριθμος οπισθόδρομης διάδοσης σφάλματος (2 από 3)

- Ο αλγόριθμος οπισθόδρομης διάδοσης σφάλματος BP (back propagation) σταματάει, όταν το σφάλμα σύγκρισης μεταξύ υπολογιζόμενων και αληθών τιμών εξόδου είναι μικρό, οπότε οι τιμές των συναπτικών βαρών της τελευταίας δοκιμής είναι αξιόπιστες.
- Έχοντας πια προσδιορίσει τις τιμές των συναπτικών βαρών, το κάθε διάνυσμα των μη ταξινομημένων εικονοστοιχείων εισάγεται στο νευρωνικό δίκτυο BP και, με βάση τις σχετικές εξισώσεις αποκτά μια τιμή εξόδου, που είναι η τάξη στην οποία ανήκει το εικονοστοιχείο.



Αλγόριθμος οπισθόδρομης διάδοσης σφάλματος (3 από 3)

Ένα πλεονέκτημα της ταξινόμησης με νευρωνικά δίκτυα, σε σύγκριση με την ιδιαίτερα διαδεδομένη στατιστική μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας, είναι ότι στη δεύτερη μέθοδο προϋποτίθεται (αυθαίρετα) ότι τα διανύσματα τιμών φωτεινότητας ακολουθούν κανονικές κατανομές, ενώ η ταξινόμηση με νευρωνικά δίκτυα πραγματοποιείται χωρίς αυτήν την υπόθεση.



Μη επιβλεπόμενη πολυφασματική ταξινόμηση



Ο αλγόριθμος ISODATA (1 από 2)

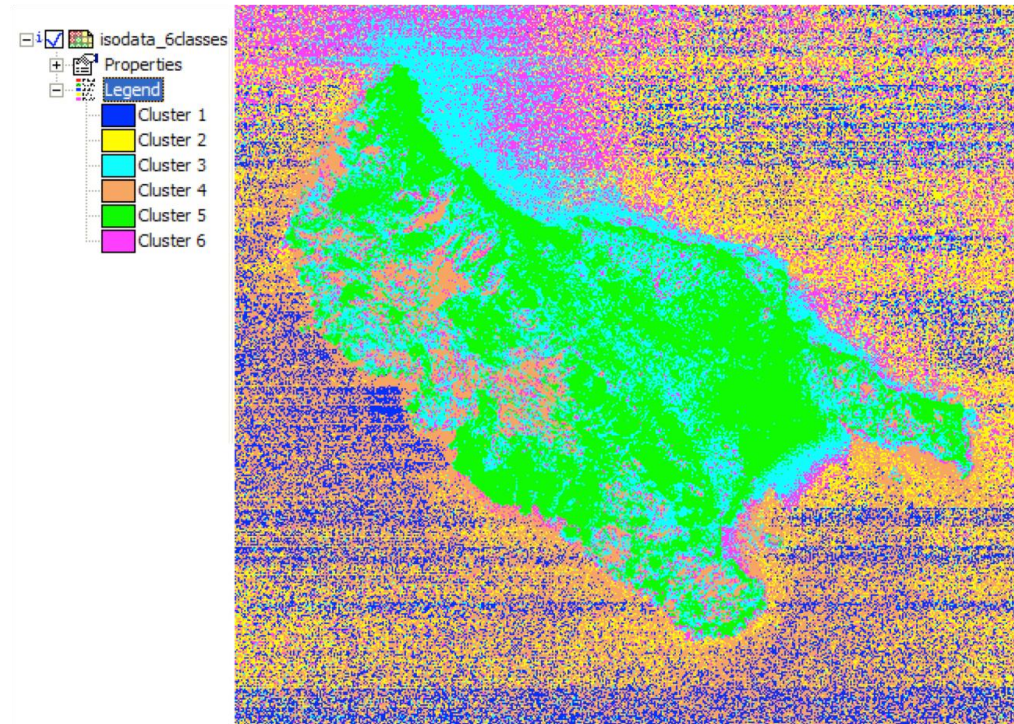
$$|m_i(1) - m_i(0)| < e$$

όπου e ένας μικρός θετικός πραγματικός αριθμός.

Μετά από έναν πεπερασμένο αριθμό p επαναλήψεων, ο αλγόριθμος συγκλίνει σε τιμές $m_i(p)$ που επαληθεύουν την παραπάνω σχέση, οπότε η ταξινόμηση ολοκληρώνεται, έχοντας ταυτοποιήσει το κάθε εικονοστοιχείο σε μια τάξη.



Ο αλγόριθμος ISODATA (2 από 2)



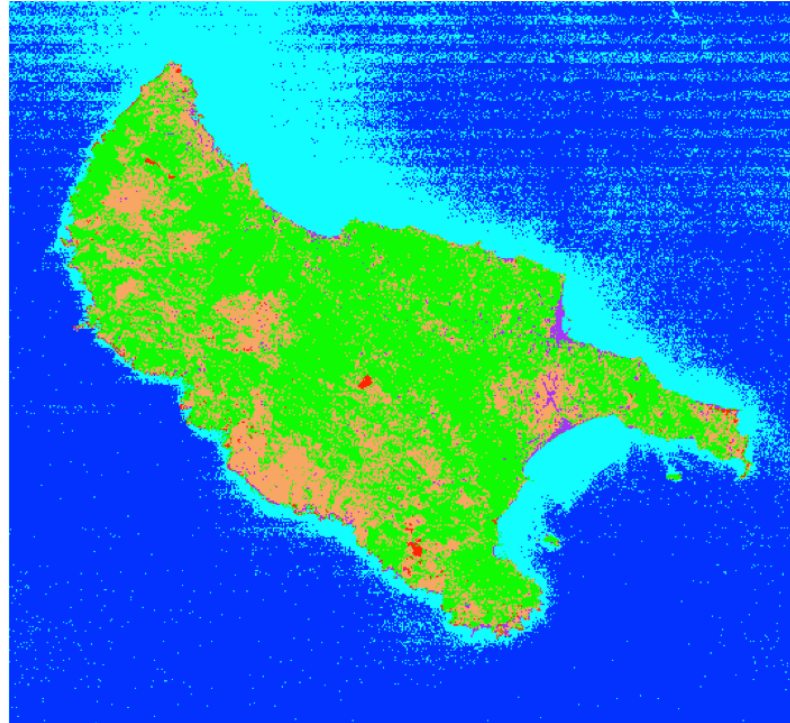
Ταξινόμηση συνάφειας (1 από 3)

Αξιοποιείται τόσο η φασματική υπογραφή του εικονοστοιχείου, όσο και πληροφορίες για τις τάξεις όπου ανήκουν τα γειτονικά εικονοστοιχεία.

- Φιλτράρισμα μετά την πολυφασματική ταξινόμηση με φίλτρο πλειοψηφίας
- Ταξινόμηση με σύγκλιση της πιθανότητας καταχώρισης



Ταξινόμηση συνάφειας (2 από 3)



Μέγιστη πιθανοφάνεια



Ταξινόμηση συνάφειας (3 από 3)



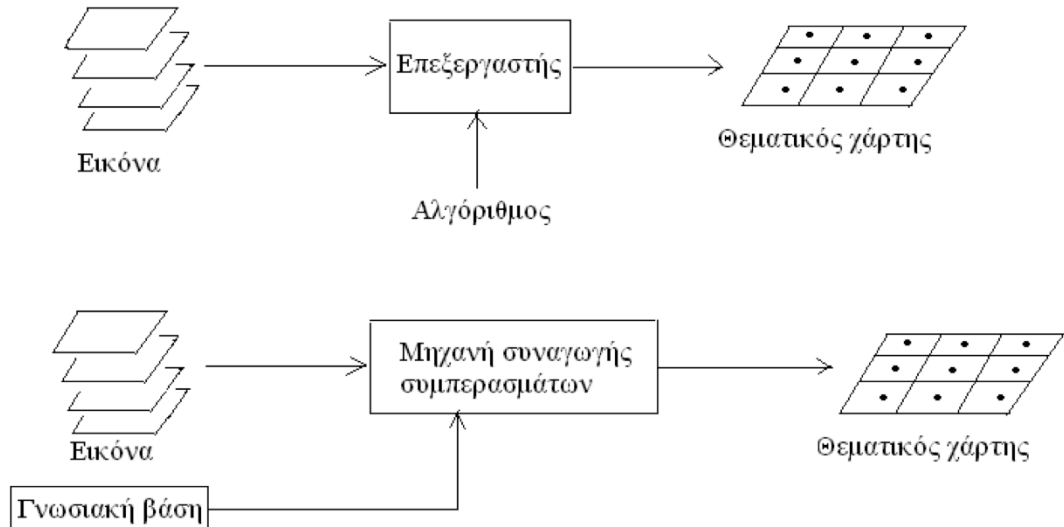
Εφαρμογή φίλτρου πλειοψηφίας



Ταξινόμηση με έμπειρα συστήματα

Μπορεί να γίνει με ή χωρίς βοηθητικά δεδομένα.

Σύγκριση μεταξύ «παραδοσιακών» διαδικασιών ταξινόμησης (πάνω) και ταξινόμησης με έμπειρα συστήματα (κάτω).



Παραδείγματα ευρετικών κανόνων

IF band 4 > band 3 THEN vegetation

IF radar tone is dark THEN smooth surface



Μεθοδολογία επιβλεπόμενης ταξινόμησης (1 από 2)

Η μεθοδολογία επιβλεπόμενης ταξινόμησης μιας πολυφασματικής εικόνας συνίσταται στα παρακάτω βήματα:

- Καθορισμός των τύπων εδαφοκάλυψης (θεματικών τάξεων) στους οποίους θα ταξινομηθεί η εικόνα
- Προκαταρτικές διορθώσεις της εικόνας (γεωμετρικές, ραδιομετρικές, ατμοσφαιρικές)
- Προσδιορισμός περιοχών ομαδοποίησης στο φασματικό χώρο, αξιοποιώντας δεδομένα από περιοχές εκπαίδευσης για τις οποίες είναι γνωστή η θεματική τάξη στην οποία ανήκουν



Μεθοδολογία επιβλεπόμενης ταξινόμησης (2 από 2)

- Εφαρμογή του αλγορίθμου ταξινόμησης εικόνας, μέσω του οποίου παράγεται ο θεματικός χάρτης.
- Συμπληρωματική επεξεργασία του θεματικού χάρτη, εφαρμόζοντας για παράδειγμα ένα φίλτρο πλειοψηφίας για να απαλειφθούν διάσπαρτες διαφοροποιήσεις στη χωρική κατανομή των θεματικών τάξεων που εκτιμάται πως δεν έχουν φυσική υπόσταση.
- Μελέτη της ακρίβειας της ταξινόμησης συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτής με δεδομένα υπαίθρου.



Τέλος Ενότητας

Ταξινόμηση πολυφασματικών εικόνων

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Γιώργος Σκιάνης 2014. Γιώργος Σκιάνης. «Τηλεανίχνευση - Φωτογεωλογία και Μαθηματική Γεωγραφία. Τηλεανίχνευση - Ψηφιακή Ανάλυση Εικόνας». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL7>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

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. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Διάγραμμα 1, Σελίδα 5: Ταξινόμηση πολυφασματικών εικόνων / Διάγραμμα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 1, Σελίδα 7: ZakynthosWW / Public Domain / Σύνδεσμος:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZakynthosWW.jpg> / Πηγή: NASA World Wind

Διάγραμμα 2, Σελίδα 8: Αναπαράσταση των περιοχών ομαδοποίησης της δορυφορικής εικόνας της Ζακύνθου στο φασματικό υποχώρο που ορίζεται από τις ζώνες TM1 και TM2 / Διάγραμμα άγνωστης προέλευσης

Διάγραμμα 3, Σελίδα 9: Αναπαράσταση των περιοχών ομαδοποίησης της δορυφορικής εικόνας της Ζακύνθου στο φασματικό υποχώρο που ορίζεται από τις ζώνες TM1 και TM4 / Διάγραμμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Διάγραμμα 4, Σελίδα 11: Ταξινόμηση με τον κανόνα του παραλληλεπιπέδου /
Διάγραμμα άγνωστης προέλευσης

Εικόνα 2, Σελίδα 12: ZakynthosWW / Public Domain / Σύνδεσμος:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZakynthosWW.jpg> / Πηγή: NASA World
Wind

Διάγραμμα 5, Σελίδα 13: Ταξινόμηση με τη μέθοδο της ελάχιστης απόστασης /
Διάγραμμα άγνωστης προέλευσης

Εικόνες 3-4, Σελίδες 14-15: ZakynthosWW / Public Domain / Σύνδεσμος:
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZakynthosWW.jpg> / Πηγή: NASA World
Wind

Διάγραμμα 6, Σελίδα 16: Ταξινόμηση με το κριτήριο της μέγιστης πιθανοφάνειας /
Διάγραμμα άγνωστης προέλευσης



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 5, Σελίδα 17: ZakynthosWW / Public Domain / Σύνδεσμος:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZakynthosWW.jpg> / Πηγή: NASA World Wind

Σχήματα 1-2, Σελίδες 18-19: Ταξινόμηση με Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα / Σχήματα άγνωστης προέλευσης

Εικόνες 6-8, Σελίδα 25,27-28: ZakynthosWW / Public Domain / Σύνδεσμος:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ZakynthosWW.jpg> / Πηγή: NASA World Wind

Σχήμα 3, Σελίδα 29: Σύγκριση μεταξύ «παραδοσιακών» διαδικασιών ταξινόμησης και ταξινόμησης με έμπειρα συστήματα / Σχήμα άγνωστης προέλευσης

