

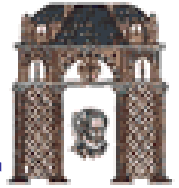
Αναγνώριση Προτύπων

Εισαγωγή – Ορισμοί, έννοιες
Εφαρμογές

Καθηγητής Χριστόδουλος Χαμζάς

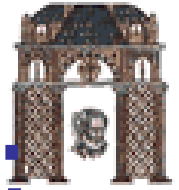
Τα περιεχόμενα των παρουσιάσεων προέρχονται από τις παρουσιάσεις του αντίστοιχου διδασκόμενου μαθήματος του καθ. Παναγιώτη Τσακαλίδη, Τμ. Επιστήμης Υπολογιστών, Παν. Κρήτης. Το πρωτογενές υλικό βρίσκεται στην σελίδα <http://www.csd.uoc.gr/~hy473/> και βασίζεται στο βιβλίο: "Pattern Classification", R.O. Duda, P.E. Hart, D.G. Stork, Wiley, 2nd Ed., 2001

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών



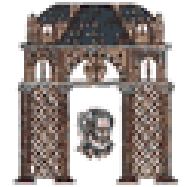
Εισαγωγικές έννοιες Θεωρίας Εκμάθησης

- ❖ **Αναγνώριση Προτύπων**: Η επιστήμη που προσπαθεί να αναγνωρίσει με αυτόματο τρόπο χρήσιμες κανονικότητες σε θορυβώδη και πολύπλοκα περιβάλλοντα.
- ❖ Εξαιρετικά ευρεία! Καμία θεωρία από μόνη της δεν καλύπτει πλήρως όλα τα θέματα...
- ❖ **Θεωρία Ταξινόμησης (Classification Theory)**: Ταξινόμηση αντικειμένων σε ξεχωριστές κατηγορίες ή κλάσεις.
- ❖ Βασίζεται στην στατιστική θεωρία αποφάσεων και παρέχει τις μαθηματικές διαδικασίες για την αναπαράσταση χαρακτηριστικών με τη μορφή διανυσμάτων.

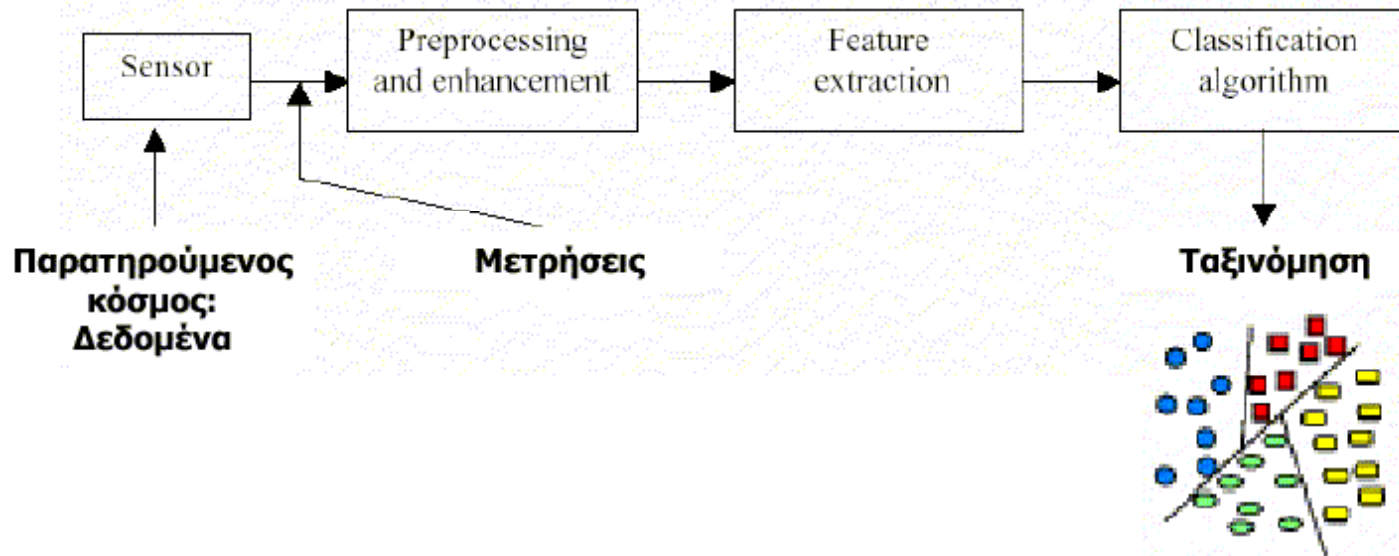
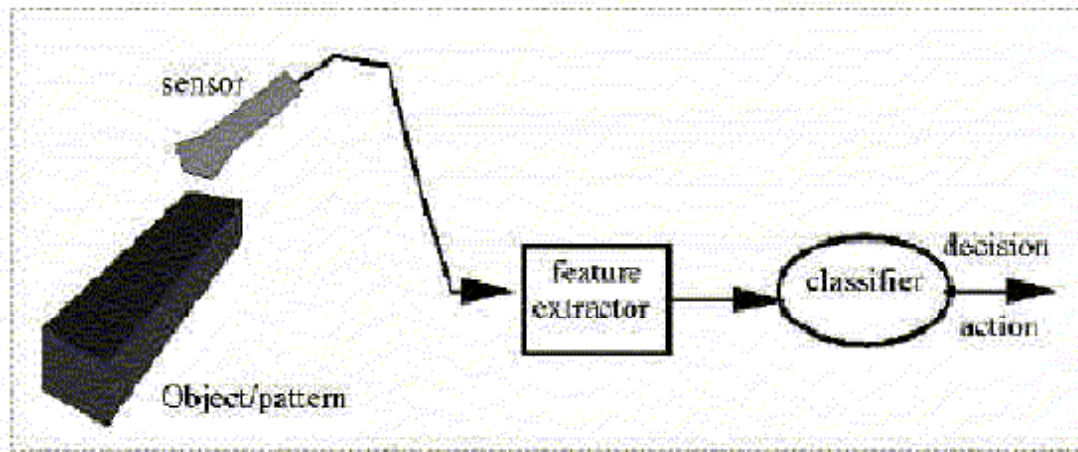


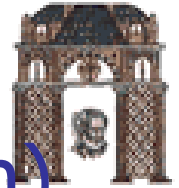
Τι είναι Αναγνώριση Προτύπων;

- Αναγνώριση Προτύπων είναι η επιστημονική μεθοδολογία της οποίας στόχος είναι η ταξινόμηση αντικειμένων (**objects**) σε ένα αριθμό κατηγοριών ή κλάσεων (**classes**).
- Ανάλογα με την εφαρμογή αυτά τα *αντικείμενα* μπορεί να είναι
 - Εικόνες
 - Ακουστικές Κυματομορφές
 - Οιαδήποτε μέτρηση χρειάζεται να ταξινομηθεί
- Τα αντικείμενα προς ταξινόμηση αναφέρονται ως πρότυπα (**Patterns**).



Τυπικό Σύστημα

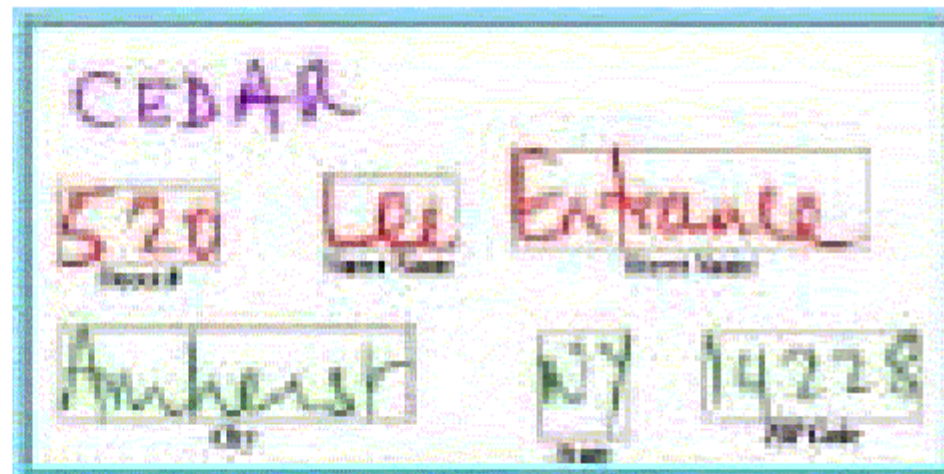
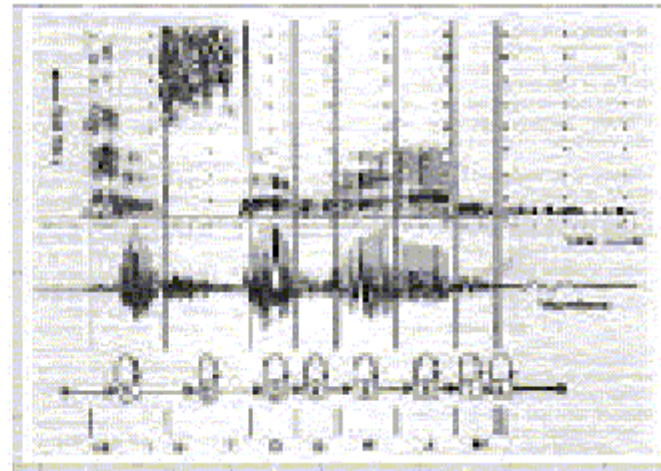


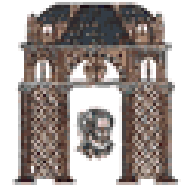


Μηχανική Αντίληψη (Machine Perception)

Κατασκευή μηχανής
(προγράμματος) που μπορεί
να αναγνωρίζει και να ταξινομεί
πρότυπα (patterns).

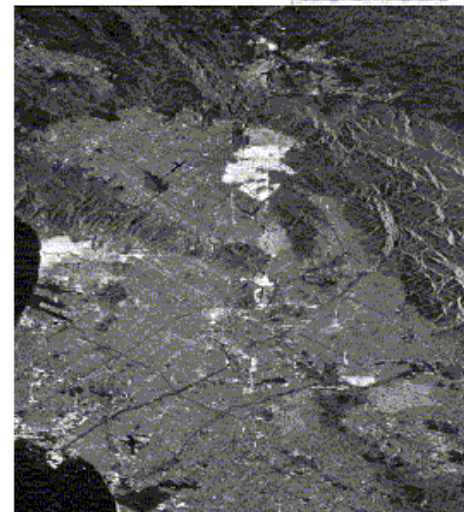
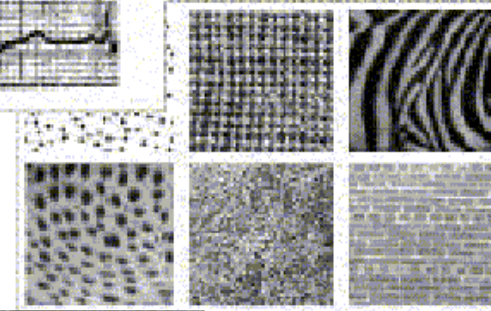
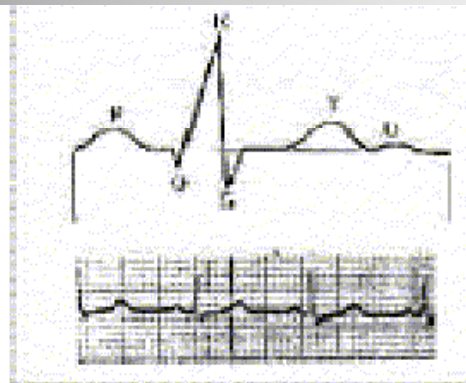
- Αναγνώριση ομιλίας–ομιλητή
(Speech recognition/speaker
identification)
- Αναγνώριση χειρόγραφων
χαρακτήρων (Hand written
character recognition)
- Οπτική αναγνώριση χαρακτήρων
(Optical character recognition -
OCR)
- Αναγνώριση δακτυλικών
αποτυπωμάτων (Fingerprint
identification)

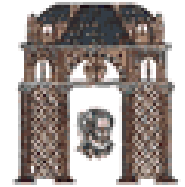




Εφαρμογές

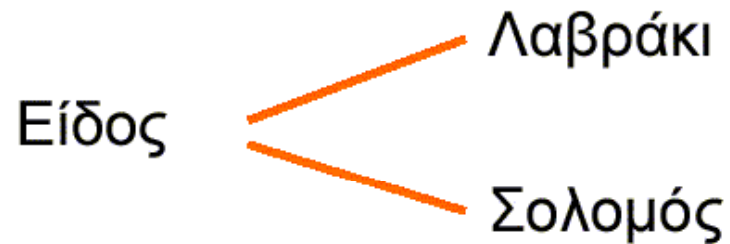
- Αναγνώριση ακολουθιών DNA (DNA sequence identification)
- Τεστ μαστογραφίας (X-Ray Mammography test)
- Διάγνωση μέσω ηλεκτροεγκεφαλογραφημάτων (EEG, Neurological disorder diagnosis)
- Διάγνωση μέσω ηλεκτροκαρδιογραφημάτων (ECG, Cardiovascular disorder diagnosis)
- Αναγνώριση με σάρωση της ίριδας (Iris scan identification)
- Τοπογραφική τηλεπισκόπηση (Topographical remote sensing)

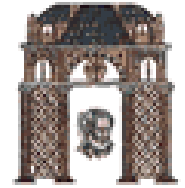




Ένα παράδειγμα

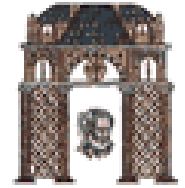
- “Ταξινόμηση ψαριών σε ένα ταινιόδρομο σύμφωνα με το είδος, με χρήση ενός οπτικού αισθητηρίου”



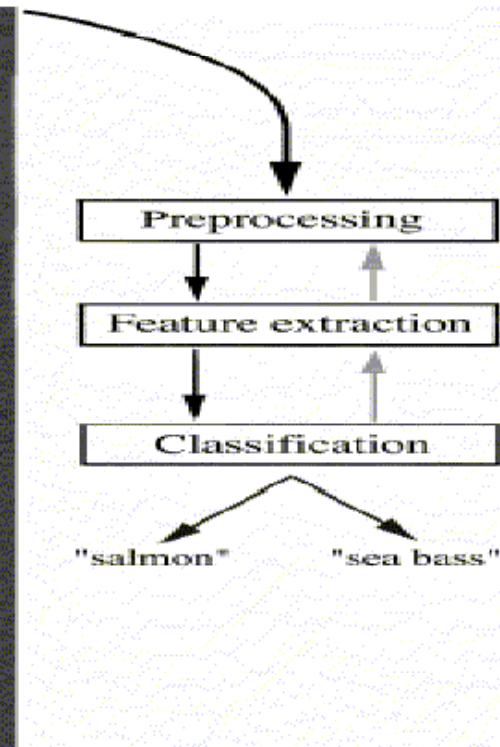
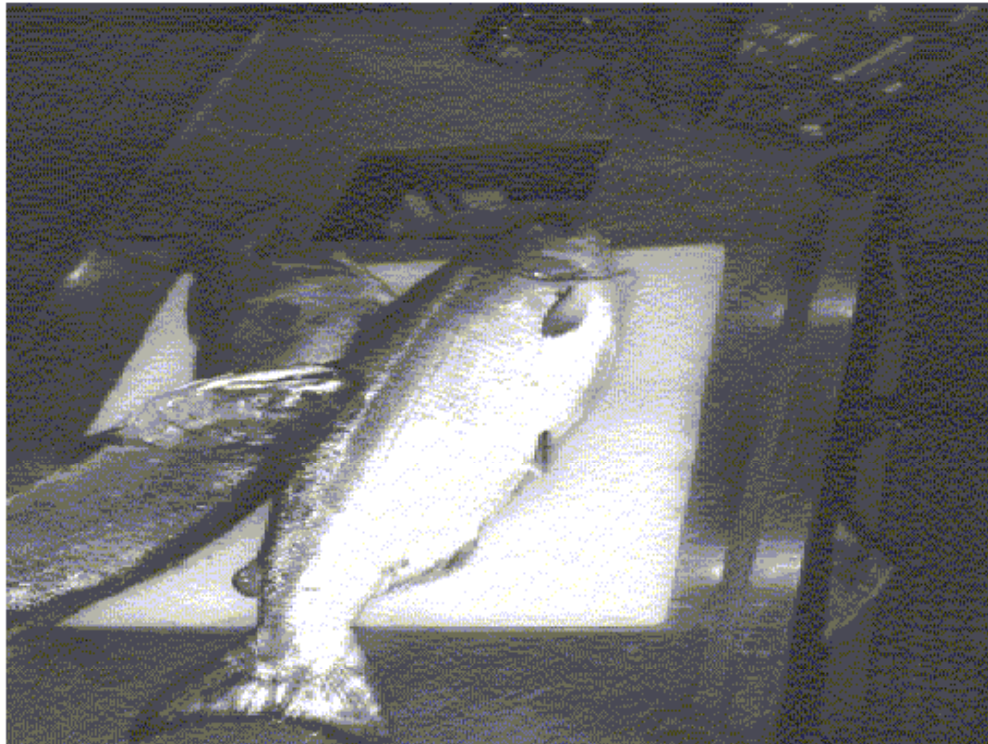


Ανάλυση του προβλήματος

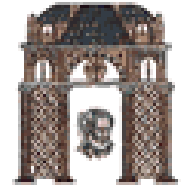
- Τοποθετούμε την κάμερα για την λήψη ορισμένου αριθμού εικόνων οι οποίες στέλνονται στον εξαγωγέα χαρακτηριστικών (feature extractor) ο οποίος ελαττώνει τα δεδομένα σε ένα μικρό αριθμό χαρακτηριστικών (features).
 - Μήκος
 - Φωτεινότητα
 - Πλάτος
 - Αριθμός και σχήμα των πτερυγίων
 - Θέση του στόματος, κτλ...
- Αυτό είναι ένα μικρό σύνολο ιδιοτήτων οι τιμές των οποίων δίδονται ως είσοδοι στη μονάδα του ταξινομητή (classifier).



Σύστημα Ταξινόμησης

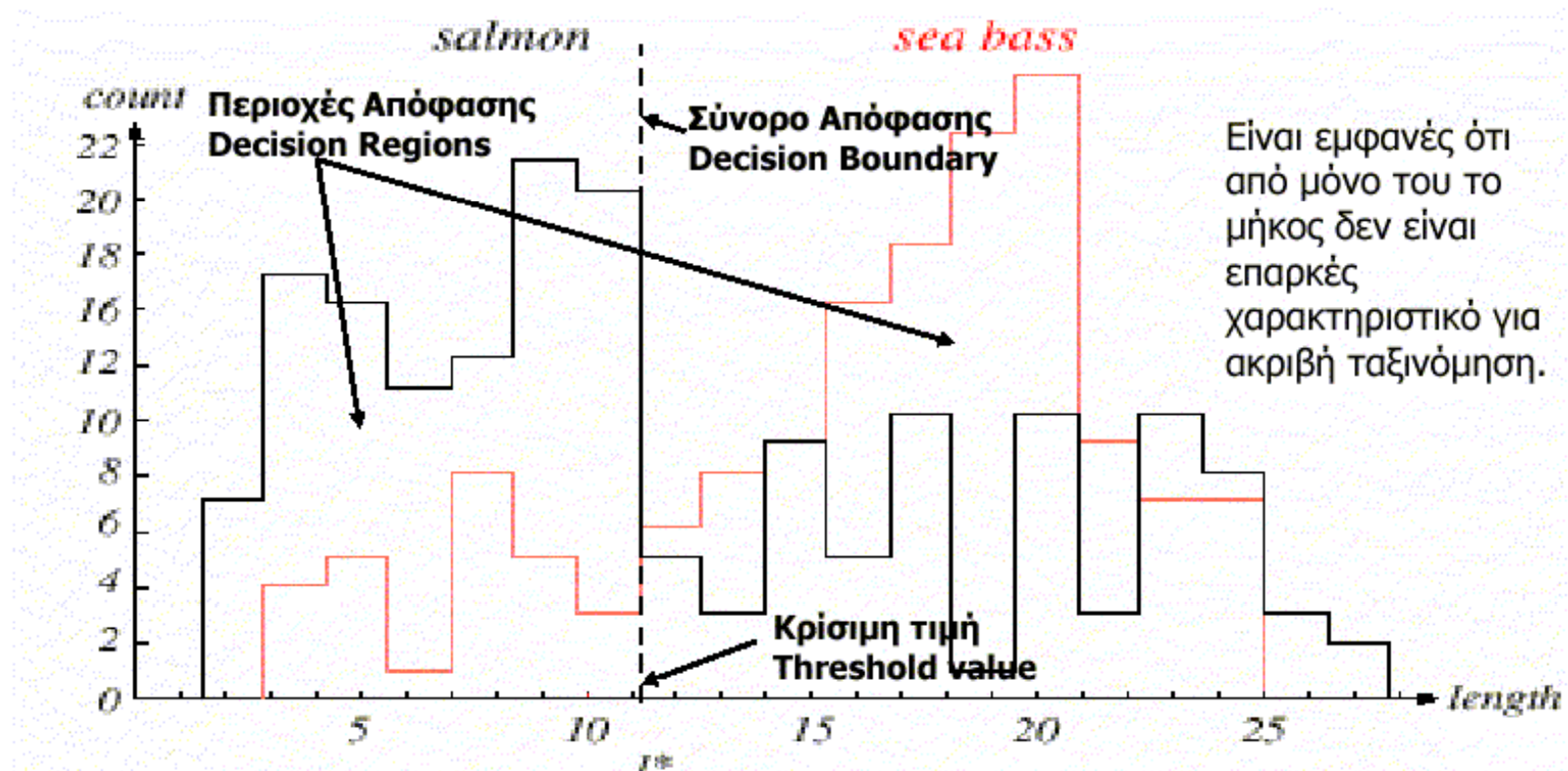


The objects to be classified are first sensed by a transducer (camera), whose signals are preprocessed. Next the features are extracted and finally the classification is emitted, here either "salmon" or "sea bass." Although the information flow is often chosen to be from the source to the classifier, some systems employ information flow in which earlier levels of processing can be altered based on the tentative or preliminary response in later levels (gray arrows). Yet others combine two or more stages into a unified step, such as simultaneous segmentation and feature extraction.



Ιστογράμμα μήκους

➤ Επιλογή του μήκους ως μοναδικού χαρακτηριστικού για την ταξινόμηση:

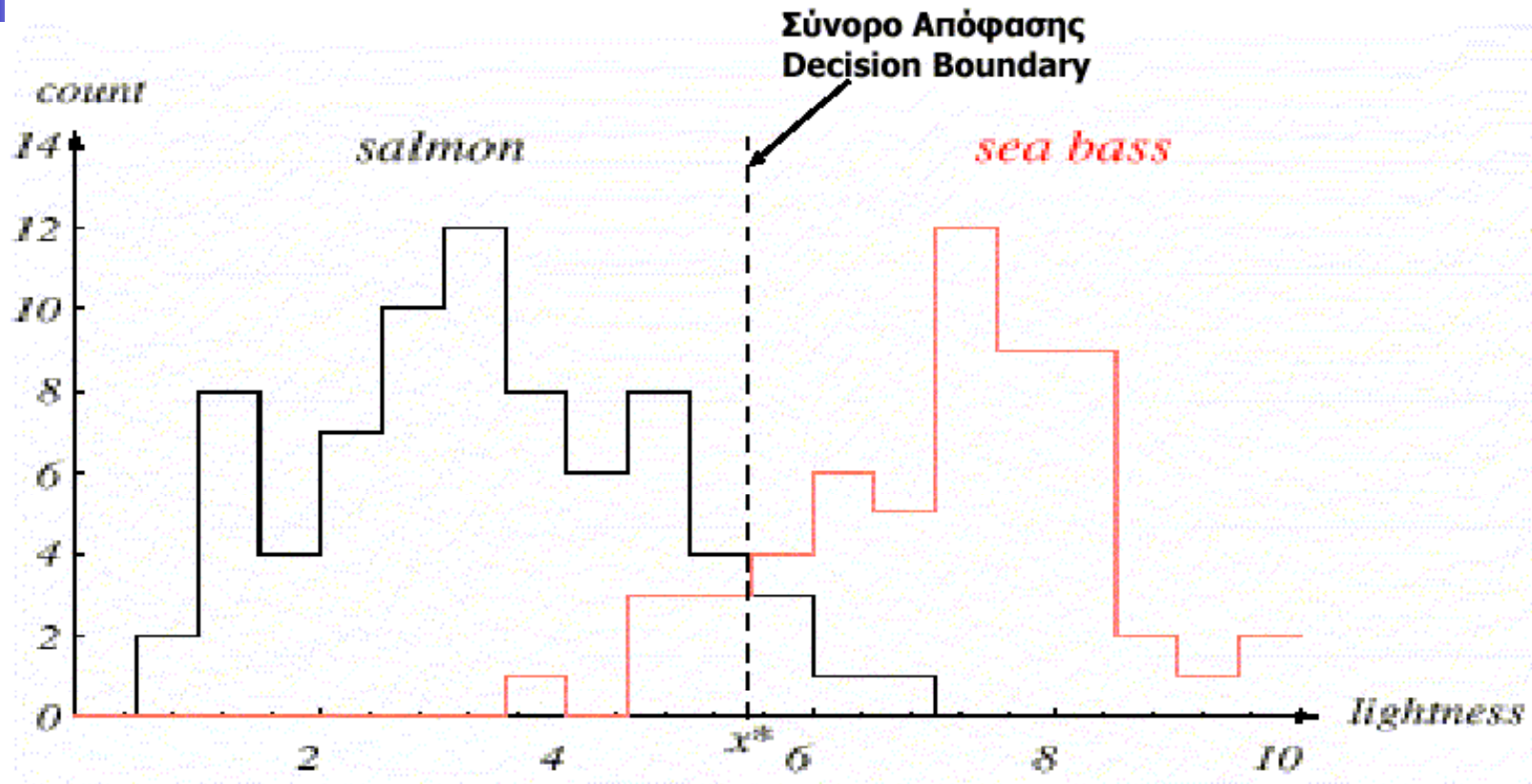


Ιστογράμματα του μήκους για τις δύο κατηγορίες. Δεν υπάρχει μία κρίσιμη τιμή μήκους που να μπορεί να διαχωρίζει ξεκάθαρα τις δύο κατηγορίες. Η χρήση μόνο του μήκους δημιουργεί σφάλματα. Η τιμή l^* δημιουργεί το μικρότερο αριθμό λαθών κατά μέσο όρο.

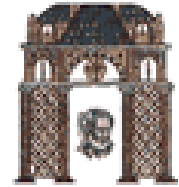
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών



Ιστογράμμα φωτεινότητας

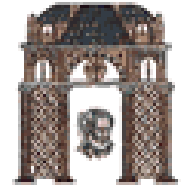


Ιστογράμματα της φωτεινότητας για τις δύο κατηγορίες. Όπως και στην περίπτωση χρήσης του μήκους, δεν υπάρχει μία κρίσιμη τιμή φωτεινότητας που να μπορεί να διαχωρίζει ξεκάθαρα τις δύο κατηγορίες. Η τιμή I^* δημιουργεί το μικρότερο αριθμό λαθών κατά μέσο όρο.



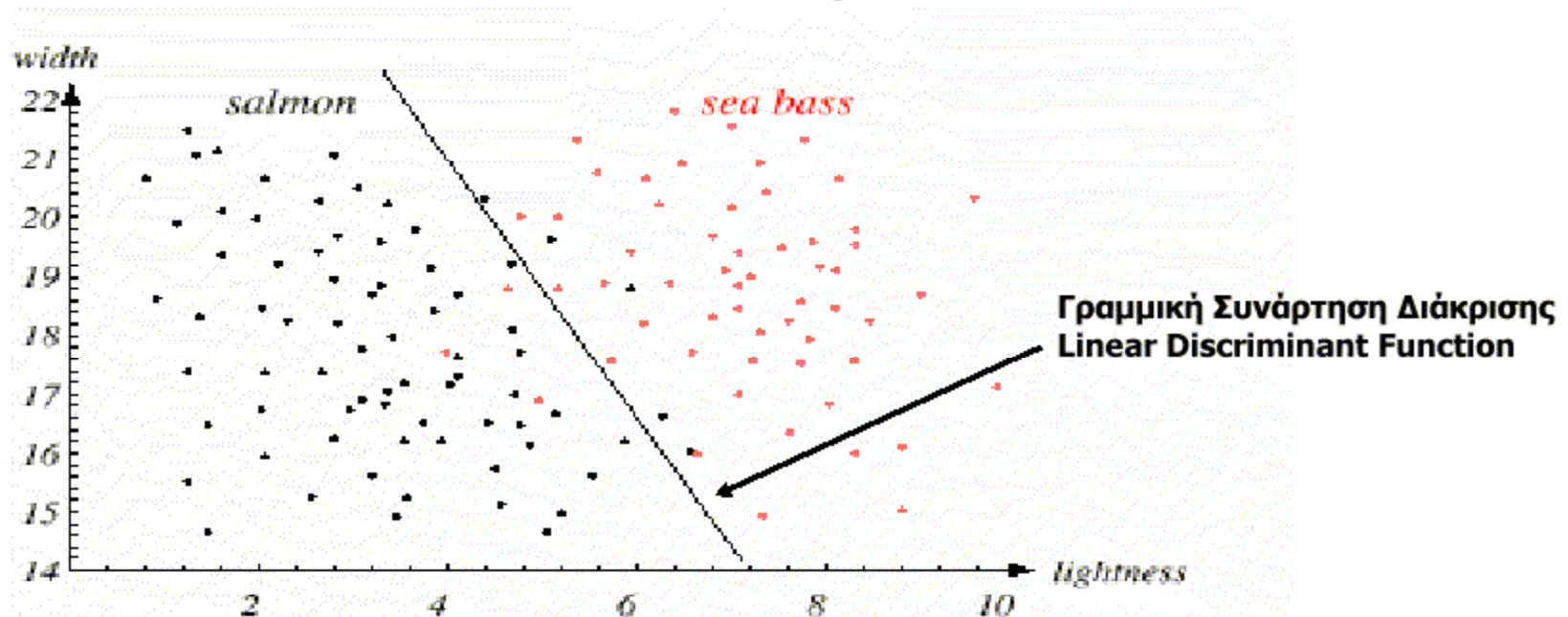
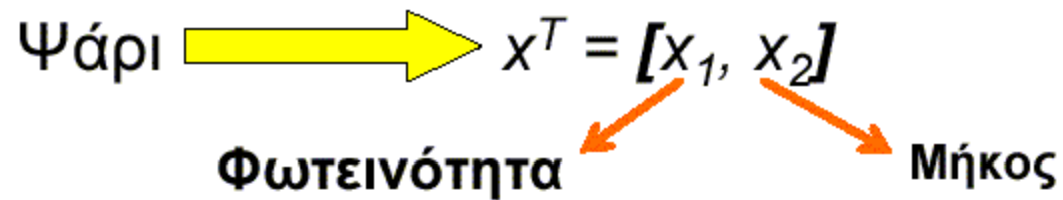
Έννοια του κόστους

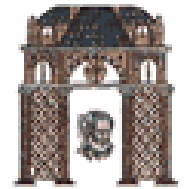
- Εμφανής η σχέση μεταξύ της επιλογής της κρίσιμης τιμής (threshold) και του κόστους της λάθος ταξινόμησης.
- Στον πραγματικό κόσμο, διαφορετικά λάθη συνδεούνται με διαφορετικά κόστη.
- Στο πρόβλημα διαχωρισμού σολομού από λαβράκι, το κόστος λανθασμένης ταξινόμησης λαβρακίου ως σολομού είναι μεγαλύτερο από αυτό της λανθασμένης ταξινόμησης σολομού ως λαβρακίου!
- Συνεπώς μετακίνησε το σύνορο απόφασης σε πιο χαμηλές τιμές (μήκους ή φωτεινότητας), ώστε να μειωθεί ο αριθμός των λαβρακίων που λανθασμένα ταξινομούνται ως σολομοί!!
- Αυτό είναι δουλειά της Στατιστικής Θεωρίας Αποφάσεων (Decision Theory).



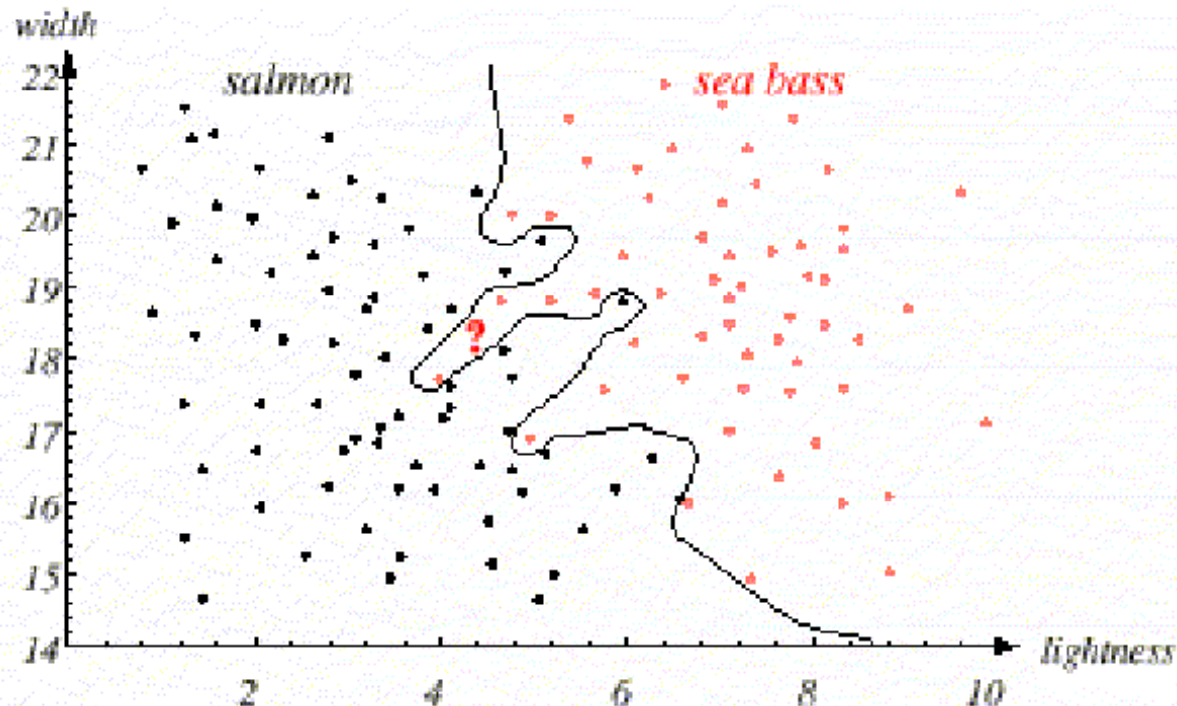
Διάνυσμα χαρακτηριστικών

- Χρήση φωτεινότητας και μήκους για ταξινόμηση:





Μη γραμμικές συναρτήσεις διάκρισης

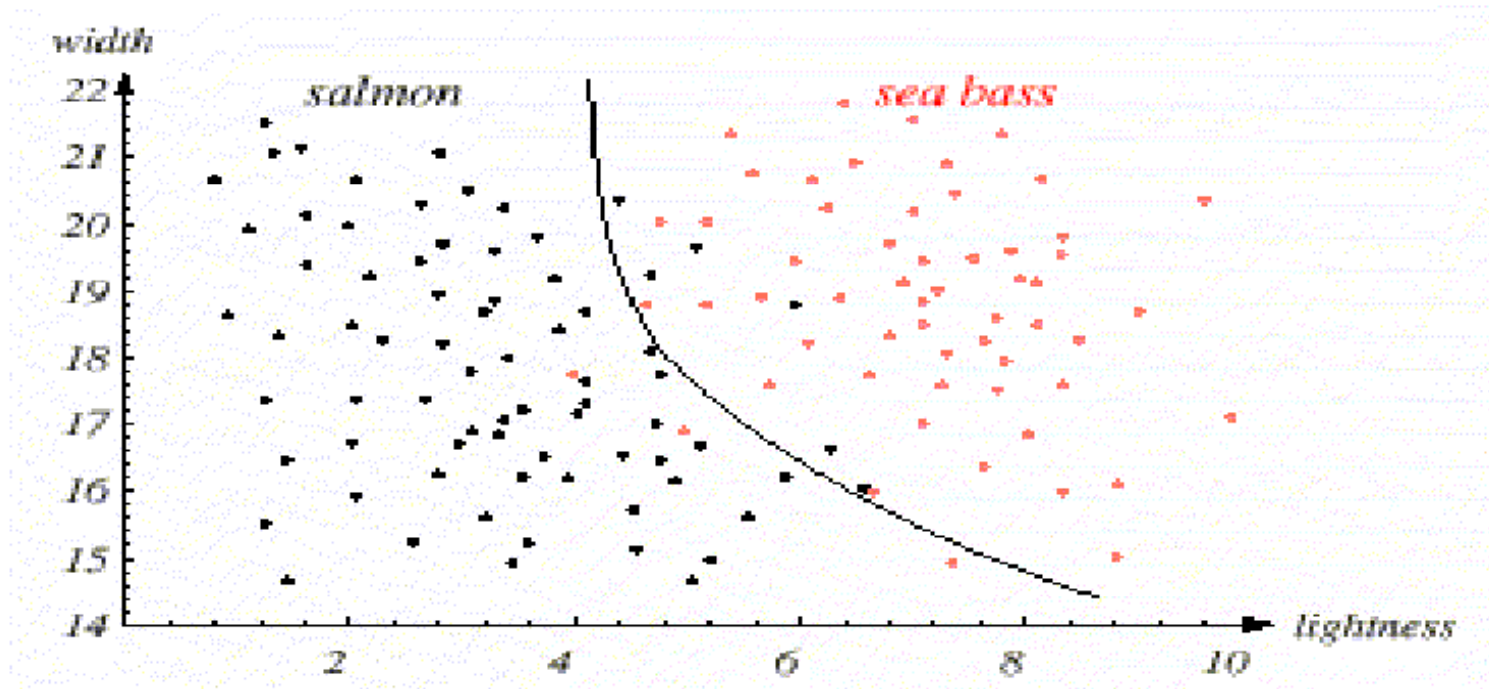


Σύνθετα μοντέλα για το ψάρι οδηγούν σε περίπλοκα σύνορα απόφασης: Μία τέτοια επιλογή βασίζεται και οδηγεί σε τέλεια ταξινόμηση των δειγμάτων με εκ των προτέρων γνωστή κλάση (που εκπαιδεύουν τον ταξινομητή) αλλά μπορεί να οδηγεί σε κακή ταξινόμηση νέων προτύπων. Π.χ., το νέο σημείο **?** είναι προφανώς σολομός με μεγάλη πιθανότητα, αλλά η συνάρτηση διάκρισης οδηγεί στην ταξινόμησή του ως λαβράκι.

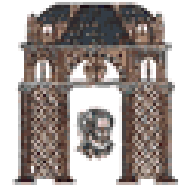


Γενίκευση της Σχεδίασης του Ταξινομητή

- Ο κεντρικός στόχος είναι η ταξινόμηση νέων δειγμάτων εισόδου



Η συνάρτηση διάκρισης πρέπει να συμβιβάζει την ανάγκη για όσο το δυνατό καλύτερη ταξινόμηση των δειγμάτων εκπαίδευσης του συστήματος με την ανάγκη για απλούς ταξινομητές. Ακολουθώντας αυτήν την αρχή πετυχαίνουμε την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια στην ταξινόμηση νέων δειγμάτων.



Συστήματα Αναγνώρισης Προτύπων

➤ Αισθητήρας (Sensor)

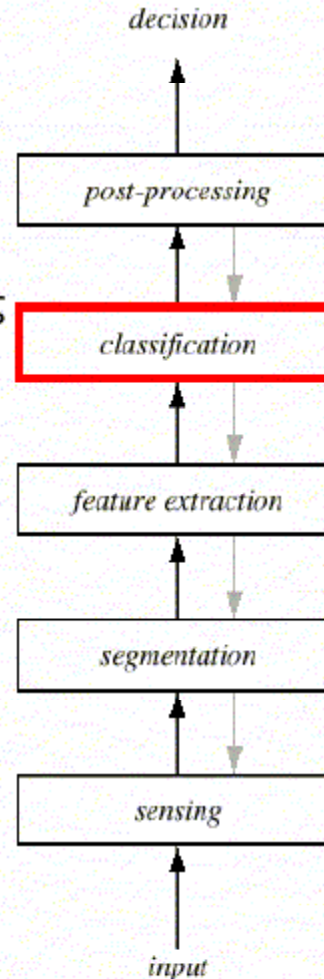
- ❖ Χρήση transducer (κάμερα, μικρόφωνο).
- ❖ Το ΣΑΠ εξαρτάται από το εύρος ζώνης, τη διακριτική ικανότητα, τις παραμορφώσεις σήματος του transducer.

➤ Μερισμός και Ομαδοποίηση (Segmentation and grouping)

- ❖ Τα αντικείμενα πρέπει να είναι καλά διαχωρισμένα, χωρίς επικάλυψη.

➤ Εξαγωγή Χαρακτηριστικών (Feature extraction)

- ❖ “Διορατικά” χαρακτηριστικά.
- ❖ Χαρακτηριστικά αμετάβλητα σε κλιμάκωση, στροφή, ανάκλαση.

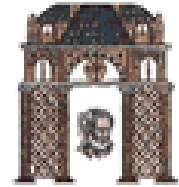


➤ Ταξινόμηση (Classification)

- ❖ Χρήση του διανύσματος χαρακτηριστικών για την ταξινόμηση του αντικειμένου σε κατηγορία.

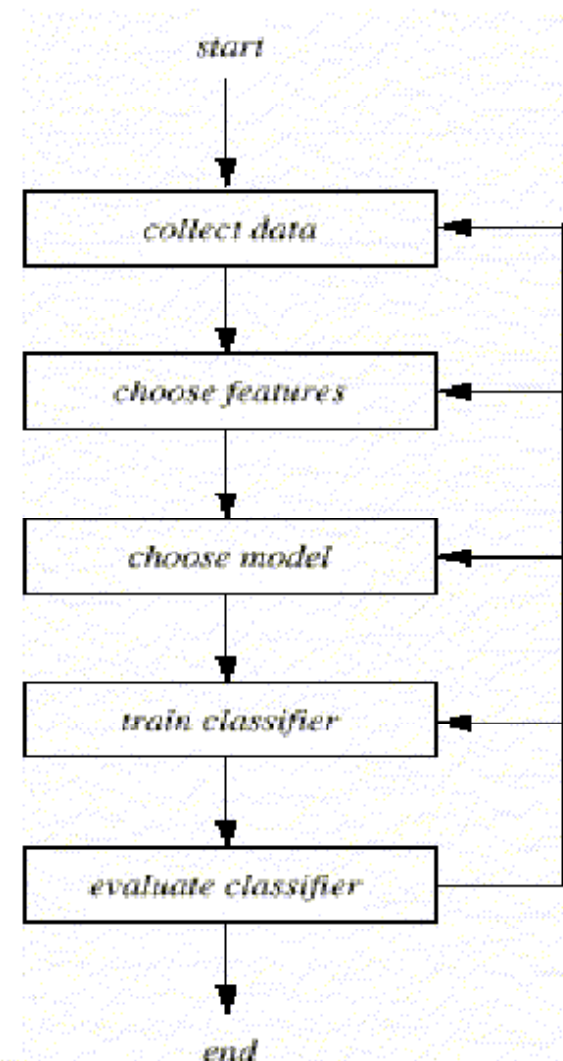
➤ Μετά – Επεξεργασία (Post-processing)

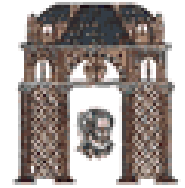
- ❖ Εκμετάλευση άλλης σχετικής πληροφορίας για την βελτίωση της απόδοσης.



Στάδια Σχεδίασης

- Συλλογή Δεδομένων (Data Collection)
 - ❖ Αρκετά δεδομένα για την επαρκή εκπαίδευση, δοκιμή και αξιολόγηση του συστήματος.
- Επιλογή Χαρακτηριστικών (Feature Choice)
 - ❖ Πως τα επιλέγουμε, επίδραση θορύβου, απλότητα, κτλ.
- Επιλογή Μοντέλου (Model Choice)
 - ❖ Συναρτήσεις Πυκνότητας Πιθανότητας.
- Εκπαίδευση (Training)
 - ❖ Μεθοδολογία εκπαίδευσης του ταξινομητή από τα δεδομένα.
- Αξιολόγηση (Evaluation)
 - ❖ Μέτρηση του σφάλματος ταξινόμησης, αλλαγή από ένα σύνολο χαρακτηριστικών σε άλλο.
 - ❖ Υπολογιστική Πολυπλοκότητα: Επίδοση ως συνάρτηση των παραμέτρων σχεδίασης.





Εκμάθηση και Προσαρμοστικότητα (Learning and Adaptation)

➤ Εκμάθηση με Επιτήρηση (Supervised learning)

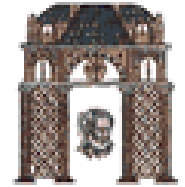
- ❖ Υποθέτει ότι τα δείγματα που χρησιμοποιούνται στη φάση εκμάθησης ενός ταξινομητή έχουν μία ετικέτα (label) που δείχνει την κλάση στην οποία ανήκουν.

➤ Εκμάθηση χωρίς Επιτήρηση (Unsupervised learning)

- ❖ Βασίζεται σε συλλογή δειγμάτων για τα οποία αγνοούμε την ταξινόμησή τους. Το σύστημα σχηματίζει ομαδοποιήσεις (clusters) των προτύπων εισόδου.

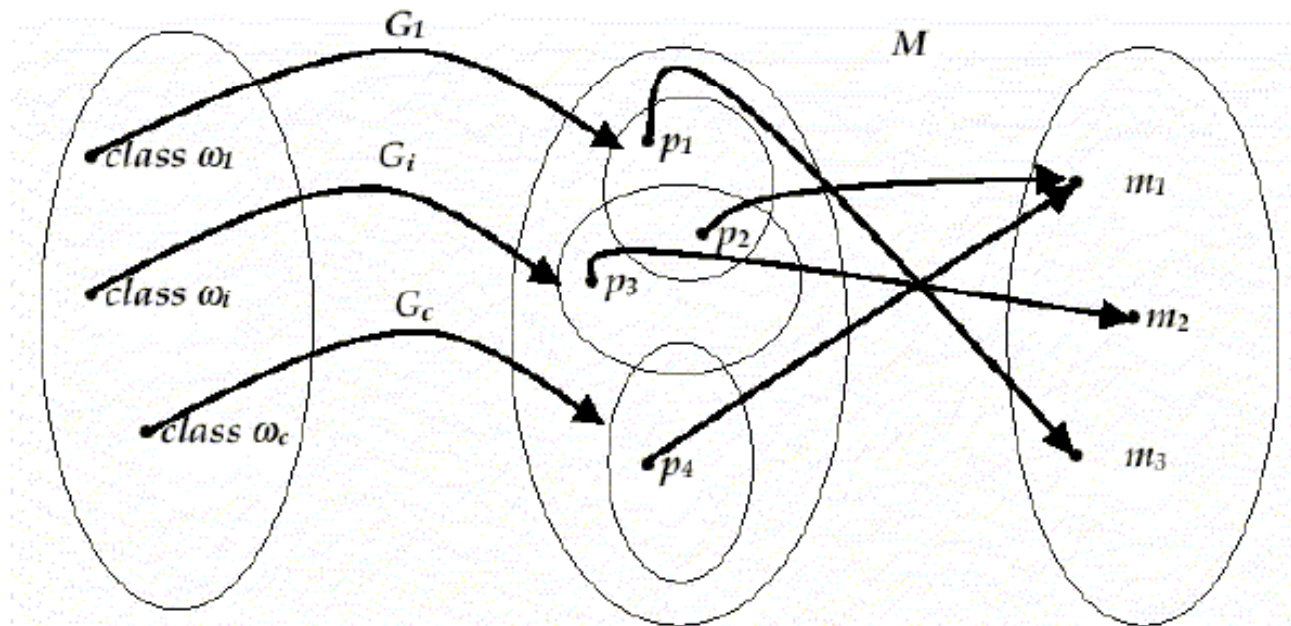
➤ Προσαρμοστικότητα

- ❖ Τα χαρακτηριστικά των προτύπων αλλάζουν με το χρόνο και επομένως ο ταξινομητής πρέπει να ακολουθεί τις αλλαγές χωρίς επιτήρηση.



Αναγνώριση Προτύπων

Επομένως: Η Αναγνώριση Προτύπων μπορεί να χαρακτηριστεί ως μία διαδικασία αναγωγής πληροφορίας (information reduction), αποτύπωσης πληροφορίας (information mapping), ή χαρακτηρισμού πληροφορίας (information labeling).



**Κλάση Μέλους –
Χώρος Απεικόνισης**

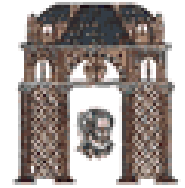
**Class Membership –
Description Space, Ω**

**(Υλοποιήσιμος)
Χώρος Προτύπων**

**Realized Pattern
Space, P**

Χώρος Μετρήσεων

Measurement Space, F



Μαθηματικό Υπόβαθρο

- Γραμμική Άλγεβρα
 - Ορίζουσες και Αντιστροφή Πινάκων
 - Ιδιοτιμές και Ιδιοδιανύσματα
 - Παραγωγή Πινάκων
- Θεωρία Πιθανοτήτων
 - Διακριτές τυχαίες μεταβλητές (τ.μ.)
 - Ζεύγη τ.μ.
 - Μέσες τιμές, διασπορές, συμμεταβλητότητες
 - Στατιστική ανεξαρτησία/συσχέτιση
 - Δεσμευμένη πιθανότητα
 - Νόμος ολικής πιθανότητας και κανόνας του Bayes
 - Κανονική κατανομή και κεντρικό οριακό θεώρημα