



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Αναγνώριση Προτύπων I

Ενότητα 1: Μέθοδοι Αναγνώρισης Προτύπων

Αν. Καθηγητής Δερματάς Ευάγγελος

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας
Υπολογιστών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

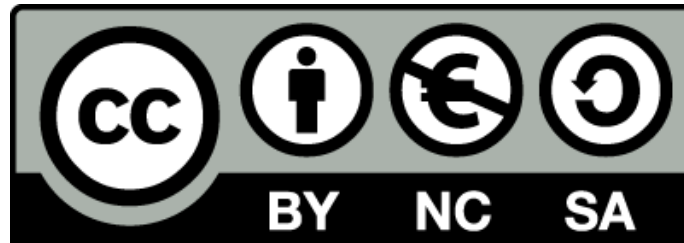
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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 Πατρών**» 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Περιεχόμενα

1. Τι είναι η Αναγνώριση Προτύπων
2. Ταξινόμηση χωρίς λήψη απόφασης
3. Επιβεβαίωση Προτύπων
4. Κατασκευή Συστημάτων Ταξινόμησης Προτύπων
5. Μέθοδοι Ταξινόμησης Προτύπων
6. Διαδικασία Εκπαίδευσης
7. Μέθοδοι Σύγκρισης των Προτύπων
8. Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων
9. Σχεδιασμός Συστημάτων Αναγνώρισης

Τι είναι η Αναγνώριση Προτύπων

- **Αναγνώριση ή ταξινόμηση προτύπου:** η διαδικασία, κατά την οποία, σήματα του περιβάλλοντος χώρου, που αντιστοιχούν σ'ένα αντικείμενο (πρότυπο), ταξινομούνται σε μία κατηγορία, από ένα πεπερασμένο σύνολο κατηγοριών N (κατηγορίες αντικειμένων)
- Οι κατηγορίες αντικειμένων αντιστοιχούν σε ομάδες αντικειμένων με κοινά χαρακτηριστικά ή ιδιότητες
- Η διαδικασία ταξινόμησης παριστάνεται από μία βαθμωτή συνάρτηση, η οποία αντιστοιχεί, τον χώρο μετρήσεων των προτύπων (που χαρακτηρίζονται από P μετρήσεις χαρακτηριστικών του αντικειμένου), στον χώρο N διακριτών κατηγοριών:

$$\omega_i = R_a(x), \quad R_a : \mathfrak{R}^P \rightarrow \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_N\}$$

Ταξινόμηση χωρίς λήψη απόφασης

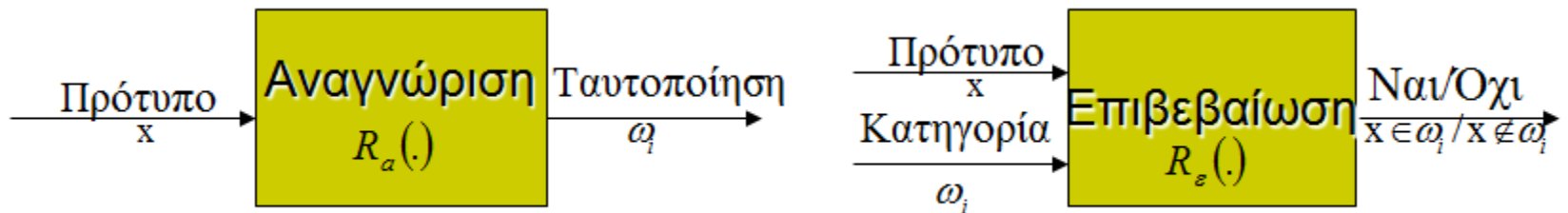
- Η μηχανή ταξινόμησης που θα έχει πολύ μικρή πιθανότητα λήψης λανθασμένης απόφασης, ή ισοδύναμα θα έχει πολύ μεγάλη αξιοπιστία στη λήψη αποφάσεων, ονομάζεται **μηχανή ταξινόμησης χωρίς λήψη απόφασης**.
- Σε αυτή την περίπτωση, η συνάρτηση που δίνει την σχέση εισόδου-εξόδου της μηχανής ταξινόμησης είναι η ακόλουθη:

$$\omega_i = R_a(x), \quad R_a : \mathfrak{R}^P \rightarrow \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_N, \omega_{N+1}\}$$

όπου με ω_{N+1} περιγράφεται η κατάσταση της μηχανής κατά την οποία το πρότυπο x δεν ταξινομείται σε καμία από τις N κατηγορίες αντικειμένων.

Επιβεβαίωση Προτύπων

- Όταν θέλουμε να επιβεβαιώσουμε ή να απορρίψουμε τον ισχυρισμό «το πρότυπο x ανήκει στην κατηγορία ω_i » τότε αναφερόμαστε σε συστήματα επιβεβαίωσης προτύπων.
- Η διαφορά της διαδικασίας ταξινόμησης από την διαδικασία επιβεβαίωσης φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί:



Κατασκευή Συστημάτων Ταξινόμησης Προτύπων

- Η διαδικασία ταξινόμησης προτύπων περιγράφεται από μια συνάρτηση δυο μεταβλητών, του προτύπου x και της 'μνήμης' ή των σταθερών παραμέτρων της w , όπως φαίνεται από την παρακάτω συνάρτηση:

$$y = R_{\pi}(x, w)$$

όπου w είναι η μνήμη του συστήματος που καθορίζει το πλήθος και το είδος των κατηγοριών που αναγνωρίζονται και x είναι το πρότυπο που ενεργοποιεί το σύστημα για να επιτελέσει την διαδικασία ταξινόμησης για ένα συγκεκριμένο πρότυπο.

Βήματα για την κατασκευή ταξινόμησης προτύπων:

1. Επιλογή μεθόδου για την αναγνώριση του αγνώστου προτύπου.
2. Εκπαίδευση συστήματος (υπολογισμός των παραμέτρων w).
3. Μέτρηση της αξιοπιστίας του συστήματος.

Μέθοδοι Ταξινόμησης Προτύπων (1)

- Αιτιοκρατικές ή δομικές μέθοδοι (deterministic): Χρήση συναρτήσεων απόστασης ή μετρήσεων της απόστασης του αγνώστου προτύπου με αντιπροσωπευτικό δείγμα ή δείγματα από τα πρότυπα κάθε μιας των κατηγοριών.
- Στοχαστικές μέθοδοι (stochastic, probabilistic): Αναζήτηση της κατηγορίας εκείνης που μεγιστοποιεί την πιθανότητα εμφάνισης της, γνωρίζοντας την παραμετρική περιγραφή του αγνώστου προτύπου.
 - ❖ Υποθέτουμε ότι τα πρότυπα κάθε κατηγορίας ακολουθούν γνωστή πυκνότητα πιθανότητας.

Μέθοδοι Ταξινόμησης Προτύπων (2)

- **Μέθοδοι μη-γραμμικών δικτύων, ή νευρωνικά δίκτυα (Neural networks):** Προσομοίωση της διαδικασίας ταξινόμησης με μια συνάρτηση μεταφοράς, η οποία μπορεί να αναλυθεί σε ένα σύνολο μη-γραμμικών υπολογιστικών μονάδων.
 - Το παραμετρικό διάνυσμα του προτύπου τοποθετείται στην είσοδο του δικτύου και στην συνέχεια υπολογίζεται η έξοδος του δικτύου που διαθέτει αριθμό εξόδων ίσο με τον αριθμό των κατηγοριών που το σύστημα αναγνωρίζει.
 - Η ταξινόμηση του προτύπου πραγματοποιείται με την αναζήτηση της εξόδου του δικτύου που έχει την μεγαλύτερη αριθμητική τιμή.
- **Μέθοδοι ασαφών συνόλων(fuzzy recognizer):** Κατασκευή συστημάτων ταξινόμησης προτύπων, με την χρήση στοιχείων από την θεωρία της ασαφούς λογικής και των ασαφών συνόλων.
 - Οι μέθοδοι αυτές, που πρόσφατα παρουσιάζουν μια εντυπωσιακή διάδοση σε πρακτικές εφαρμογές, έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που το πρότυπο περιγράφεται από διάνυσμα μεγάλων διαστάσεων ή σε περιπτώσεις που δεν είναι διαθέσιμες όλες οι μετρήσεις που απαιτούνται για την πλήρη συμπλήρωση του παραμετρικού διανύσματος.

Διαδικασία Εκπαίδευσης

- Εκπαίδευση ενός συστήματος ταξινόμησης ονομάζεται η μέθοδος υπολογισμού της παραμέτρου w , της συνάρτησης ταξινόμησης.
- Η εκπαίδευση του συστήματος επηρεάζει καθοριστικά τον ρυθμό των επιτυχών ταξινομήσεων, καθώς επίσης και το είδος των αντικειμένων που αναγνωρίζονται.
- Οι παράγοντες που επηρεάζουν, περισσότερο, την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου εκπαίδευσης, είναι οι παρακάτω:
 - Η μέθοδος ταξινόμησης
 - Η διασπορά των προτύπων κάθε κατηγορίας
 - Ο βαθμός κάλυψης του διανυσματικού χώρου των προτύπων, από περισσότερες από μια κατηγορίες

Διαδικασία Εκπαίδευσης- Κατευθυνόμενη Εκπαίδευση (1)

- Κατευθυνόμενη εκπαίδευση: Η διαθέσιμη πληροφορία για την εκπαίδευση του συστήματος είναι ένας πεπερασμένος αριθμός σωστά ταξινομημένων παραδειγμάτων.
 - ❖ Η κατευθυνόμενη εκπαίδευση αποτελεί την πιο συχνά εμφανιζόμενη μέθοδο προσδιορισμού των σταθερών παραμέτρων ενός συστήματος ταξινόμησης.

Διαδικασία Εκπαίδευσης- Κατευθυνόμενη Εκπαίδευση (2)

- Έστω M διαθέσιμα παραδείγματα:

$$\Omega_{\omega} = \{(x_1, \omega_1), (x_2, \omega_2), \dots, (x_M, \omega_M)\}$$

- Επειδή σκοπός της εκπαίδευσης είναι ο υπολογισμός των σταθερών συντελεστών της συνάρτησης ταξινόμησης, θα ήταν πιο βολικό να γίνει αναγωγή των παραδειγμάτων σε αντίστοιχα ζεύγη εισόδου-εξόδου της συνάρτησης ταξινόμησης, όπως φαίνεται παρακάτω:

$$\Omega = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_M, y_M)\}$$

Διαδικασία Εκπαίδευσης- Κατευθυνόμενη Εκπαίδευση (3)

- Έστω ότι το σύστημα διαθέτει N εξόδους και ότι το πεδίο τιμών, κάθε εξόδου, είναι πραγματικοί αριθμοί στο διάστημα $[-a, a], a \in \mathbb{R}^+$.
 - Τότε ορίζουμε σαν μέθοδο ταξινόμησης την αναζήτηση της εξόδου με την μεγαλύτερη αριθμητική τιμή, όταν στην είσοδο τοποθετηθεί το παραμετρικό διάνυσμα του προτύπου.

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_P) \quad \text{με} \quad \begin{aligned} y_j &= -a, x \notin \omega_j \\ y_j &= a, x \in \omega_j \end{aligned}$$

Διαδικασία Εκπαίδευσης- Κατευθυνόμενη Εκπαίδευση (4)

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το πρόβλημα της εκπαίδευσης τροποποιείται ως εξής:

- Υπολογίζεται η μνήμη του συστήματος ταξινόμησης με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του σφάλματος εκτίμησης της εξόδου για τα παραδείγματα εκπαίδευσης που είναι διαθέσιμα.
- Το μαθηματικό μοντέλο δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$w' = \arg \min_w \sum_{i=1}^M d(R_{\pi}(x_i, w), y_i)$$

όπου $d(R_{\pi}(x_i, w), y_i)$ είναι μια συνάρτηση σφάλματος που δίνει τον βαθμό απόκλισης της προσδοκώμενης απόκρισης του συστήματος ταξινόμησης από το πραγματικό διάνυσμα εξόδου του συστήματος με 'μνήμη' w . Το σύμβολο $\arg \min_w f(w)$ δηλώνει την τιμή του διανύσματος για την οποία η συνάρτηση $f(w)$ γίνεται ελάχιστη.

Διαδικασία Εκπαίδευσης- Αυτοεκπαίδευση (1)

- Η αυτοεκπαίδευση αποτελεί την δυσκολότερη περίπτωση εκπαίδευσης, αφού η πληροφορία που είναι διαθέσιμη αφορά μόνο στην διανυσματική παράσταση M προτύπων:

$$\Omega = \{x_1, x_2, \dots, x_M\}$$

- Ο υπολογισμός της μνήμης του συστήματος μπορεί να εκφραστεί με τον ακόλουθο αλγόριθμο:
 - Έστω ότι η μνήμη του συστήματος είναι γνωστή
 - Γίνεται εκτίμηση της κατηγορίας στην οποία ανήκει το κάθε πρότυπο εκπαίδευσης (υπολογισμός της συνάρτησης ταξινόμησης για κάθε ένα από τα παραδείγματα εκπαίδευσης)
 - Δημιουργούνται τεχνητά παραδείγματα και επαναπροσδιορίζεται η μνήμη του συστήματος βάσει της κατευθυνόμενης εκπαίδευσης
- Κριτήριο σύγκλισης του επαναληπτικού τμήματος της μεθόδου, συνήθως, επιλέγεται να είναι η ελαχιστοποίηση της μεταβολής της μνήμης του συστήματος για δυο διαδοχικά βήματα.

Διαδικασία Εκπαίδευσης- Αυτοεκπαίδευση (2)

- Η επαναληπτική μέθοδος εκφράζεται με τις ακόλουθες εξισώσεις:
 1. Υπολογισμός της εξόδου της συνάρτησης ταξινόμησης για τα N παραδείγματα

$$y_i^{(t)} = R_\pi(x_i, w^{(t)}) \quad i = 1, N$$

2. Ταξινόμηση των προτύπων

$$\omega_i^{(t+1)} = \arg \max_j (y_{ij}^{(t)}) \quad i = 1, N$$

όπου y_{ij} είναι η συνιστώσα του διανύσματος y_i .

3. Κατασκευή νέων παραδειγμάτων

$$y_i^{(t+1)} = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iN}) \quad \text{με}$$
$$y_i^{(t+1)} = a, X_i \in \omega_i^{(t+1)}$$
$$y_i^{(t+1)} = -a, X_i \notin \omega_i^{(t+1)}$$

Διαδικασία Εκπαίδευσης- Αυτοεκπαίδευση (3)

- Υπολογισμός της μνήμης του συστήματος με την μέθοδο της κατευθυνόμενης εκπαίδευσης

$$w^{(t+1)} = \arg \min_w \sum_{i=1}^M d(R_{\pi}(x_i, w^{(t)}), y_i^{(t+1)})$$

- Για την πλήρη περιγραφή οποιασδήποτε επαναληπτικής μεθόδου πρέπει να οριστούν:
 - ❖ οι αρχικές τιμές για τις μεταβλητές του
 - ❖ ένα κριτήριο σύγκλισης, το οποίο θα ελέγχει την συνθήκη τερματισμού του επαναληπτικού τμήματος της μεθόδου

Μέθοδοι Σύγκρισης των Προτύπων (1)

1. Μέθοδοι σύγκρισης προτύπων (pattern matching)

- ✓ Σε αυτή την κατηγορία μεθόδων προσδιορίζονται αντιπροσωπευτικά πρότυπα από τα παραδείγματα εκπαίδευσης.
- ✓ Ένα ή περισσότερα πρωτότυπα ανά κατηγορία αποθηκεύονται στην μνήμη του συστήματος και η ταξινόμηση πραγματοποιείται με σύγκριση του αγνώστου προτύπου με τα πρωτότυπα όλων των κατηγοριών.
- ✓ Οι μέθοδοι σύγκρισης προτύπων μπορούν, επίσης, να διακριθούν βάσει της μεθόδου υπολογισμού των πρωτότυπων των κατηγοριών:
 - a) Όλα τα παραδείγματα εκπαίδευσης θεωρούνται πρωτότυπα
 - b) Επιλέγοντας τα πλέον αντιπροσωπευτικά παραδείγματα
 - c) Δημιουργώντας νέα αντιπροσωπευτικά πρότυπα

Μέθοδοι Σύγκρισης των Προτύπων (2)

2. Εύρεση των κοινών χαρακτηριστικών

- ✓ Σε αυτή την κατηγορία μεθόδων γίνεται προσπάθεια εντοπισμού κοινών γνωρισμάτων που χαρακτηρίζουν τα περισσότερα ή όλα τα πρότυπα κάθε κατηγορίας.
- ✓ Κατά την διαδικασία εκπαίδευσης υπολογίζεται το σύνολο των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που διαφοροποιεί τα πρότυπα στις κατηγορίες.
- ✓ Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούνται, συνήθως, στις περιπτώσεις εκείνες κατά τις οποίες το παραμετρικό διάνυσμα του προτύπου είναι πολύ μεγάλων διαστάσεων, π.χ στην ψηφιοποιημένη εικόνα, στις λέξεις φυσικής γλώσσας, στα δεδομένα ιατρικών διαγνώσεων, κ.ο.κ.

Μέθοδοι Σύγκρισης των Προτύπων (3)

3. Συντακτικές ή γλωσσολογικές μέθοδοι

- ✓ Μερικά αντικείμενα μπορούν να αναλυθούν σε ένα μικρό πλήθος απλούστερων αντικειμένων, τα οποία ονομάζονται αρχέγονα πρότυπα (primitive patterns).
- ✓ Πολλά αρχέγονα πρότυπα συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις οι οποίες χαρακτηρίζουν τις κατηγορίες των προτύπων που θέλουμε να αναγνωρίσουμε.
- ✓ Χαρακτηριστικά παραδείγματα που μπορούν να περιγραφούν με τέτοιες κατηγορίες, είναι στην βιολογία τα χρωμοσώματα που αποτελούνται από ένα σύνολο απλών ομάδων οργανικών μορίων.

Μέθοδοι Σύγκρισης των Προτύπων (4)

4. Αναγνώριση χρονικά μεταβαλλόμενων γεγονότων

- ✓ Μία ιδιαίτερη κατηγορία προβλημάτων ταξινόμησης προτύπων που σχετίζεται με χρονικά μεταβαλλόμενα γεγονότα.
- ✓ Παραδείγματα χρονικά μεταβαλλόμενων προτύπων αποτελεί η ανθρώπινη ομιλία.

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (1)

- Ο υπολογισμός του σφάλματος ταξινόμησης προτύπων αποτελεί το σημαντικότερο κριτήριο αξιολόγησης κάθε συστήματος διότι μας δίνει ένα ποσοτικό μέτρο της αξιοπιστίας των αποφάσεων που λαμβάνει.
- Η μέτρηση του σφάλματος επηρεάζεται από:
 - Την μέθοδο ταξινόμησης και εκπαίδευσης.
 - Το σύνολο των παραδειγμάτων εκπαίδευσης.
 - Το σύνολο των μετρήσεων που χρησιμοποιούνται για να μετρήσουν το σφάλμα.

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (2)

- Η αριθμητική τιμή του σφάλματος εξαρτάται από δυο παραμέτρους:

$$\text{Σφάλμα} = \Sigma\phi(\Theta_1, \Theta_2)$$

- ❖ Θ_1 είναι οι παράμετροι που περιγράφουν την επίδραση της διαδικασίας εκπαίδευσης στην μέτρηση του σφάλματος
- ❖ Θ_2 είναι οι παράμετροι που δείχνουν την επίδραση που έχουν στην μέτρηση του σφάλματος, τα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται για αυτή την μέτρηση.

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (3)

- Εάν θεωρηθεί ότι η διαδικασία εκπαίδευσης σχεδιάζεται, έτσι ώστε να ελαχιστοποιεί το σφάλμα της ταξινόμησης, για τα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση, τότε η ακόλουθη ανισότητα είναι προφανής:

$$\Sigma\phi(\Theta_1, \Theta_1) \leq \Sigma\phi(\Theta_1, \Theta_2)$$

- Στην πράξη κάθε διαδικασία εκτίμησης των παραμέτρων του συστήματος ταξινόμησης πραγματοποιείται με την χρήση ενός πεπερασμένου αριθμού παραδειγμάτων εκπαίδευσης.

Ακριβής υπολογισμός σφάλματος

 Απεριόριστος αριθμός παραδειγμάτων

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (4)

- Ορισμός:

Σφάλμα συστήματος ταξινόμησης προτύπων, ορίζουμε το μέγεθος $\Sigma\phi(\Theta, \Theta)$ για το οποίο η εκπαίδευση και το σφάλμα έχουν υπολογιστεί από απεριόριστο αριθμό παραδειγμάτων.

➤ Επειδή ισχύει:

$$\lim_{N \rightarrow +\infty} \Theta_N = \Theta$$

εύκολα αποδεικνύεται ότι:

$$\lim_{N \rightarrow +\infty} \Sigma\phi(\Theta_N, \Theta_N) = \Sigma\phi(\Theta, \Theta)$$

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (5)

- Το γεγονός ότι η εκπαίδευση με πεπερασμένο αριθμό παραδειγμάτων αλλοιώνει την ακρίβεια της μέτρησης του σφάλματος, έχει σαν συνέπεια την ανάγκη για διαχωρισμό των πραγματικών παραμέτρων του συστήματος (Θ) από τις παραμέτρους που υπολογίζονται από N παραδείγματα (Θ_N).
- Προφανώς θα ισχύουν οι ανισότητες:

$$\Sigma\phi(\Theta, \Theta) \leq \Sigma\phi(\Theta_N, \Theta)$$

$$\Sigma\phi(\Theta_N, \Theta_N) \leq \Sigma\phi(\Theta, \Theta_N)$$

όπου $\Sigma\phi(\Theta_N, \Theta_N)$ είναι το σφάλμα ταξινόμησης όταν τα ίδια N παραδείγματα χρησιμοποιηθούν και για την εκπαίδευση και για την μέτρηση (**C-method**), ενώ $\Sigma\phi(\Theta_N, \Theta)$ είναι το σφάλμα ταξινόμησης όταν N παραδείγματα χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση και απεριόριστος αριθμός παραδειγμάτων χρησιμοποιούνται για την μέτρηση του σφάλματος (**U-method**).

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (6)

- Έστω K διαφορετικά σύνολα παραδειγμάτων εκπαίδευσης.

⇒ για κάθε ένα από αυτά ισχύουν:

$$\Sigma\phi(\Theta, \Theta) \leq \Sigma\phi(\Theta_N^{(k)}, \Theta), k = 1, K$$

$$\Sigma\phi(\Theta_N^{(k)}, \Theta_N^{(k)}) \leq \Sigma\phi(\Theta, \Theta_N^{(k)}), k = 1, K$$

- Οι αντίστοιχες μέσες τιμές των παραπάνω ανισοτήτων θα εξακολουθούν να υπακούουν στις ίδιες συνθήκες.

$$E(\Sigma\phi(\Theta, \Theta)) \leq E(\Sigma\phi(\Theta_N^{(k)}, \Theta)), k = 1, K$$

$$E(\Sigma\phi(\Theta_N^{(k)}, \Theta_N^{(k)})) \leq E(\Sigma\phi(\Theta, \Theta_N^{(k)})), k = 1, K$$

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (7)

- Εάν υποθέσουμε ότι η μέση τιμή των σφαλμάτων, υπολογιζόμενη με την μέθοδο $\Sigma\phi(\Theta, \Theta_N^{(k)})$ μπορεί να προσεγγίζει το θεωρητικό σφάλμα, τότε η ακόλουθη ισότητα περιέχει στατιστική αλήθεια.

$$E(\Sigma\phi(\Theta, \Theta_N^{(k)})) \approx \Sigma\phi(\Theta, \Theta)$$

- Η σχέση ισχυροποιείται όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των παραδειγμάτων.

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (8)

- Με την βοήθεια της προσέγγισης και τις προηγούμενες ανισότητες, το σφάλμα μπορεί να περιοριστεί από δυο όρια:

$$E(\Sigma\phi(\Theta_N, \Theta_N)) \leq \Sigma\phi(\Theta, \Theta) \leq E(\Sigma\phi(\Theta_N, \Theta))$$

- Οι ανισότητες δηλώνουν ότι το πραγματικό σφάλμα του συστήματος, δεν μπορεί να υπολογιστεί με ακρίβεια σε πραγματικές εφαρμογές, όπου είναι διαθέσιμος πεπερασμένος αριθμός παραδειγμάτων

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (9)

- Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι προσέγγισης των ορίων, μέσα στο οποίο βρίσκεται το πραγματικό σφάλμα ενός συστήματος ταξινόμησης, είναι οι ακόλουθες:
 - **Μέθοδος-C** : Υπολογισμός του σφάλματος με χρήση όλων των διαθέσιμων παραδειγμάτων, τόσο για την εκπαίδευση όσο και για την μέτρηση του σφάλματος. Το σφάλμα που υπολογίζεται είναι το μικρότερο δυνατό του συστήματος ταξινόμησης προτύπων.
 - **Μέθοδος-U** : Από τα εναπομείναντα παραδείγματα, που δεν χρησιμοποιήθηκαν στην εκπαίδευση, πραγματοποιείται η μέτρηση του σφάλματος για κάθε σύστημα χωριστά. Το άνω όριο του σφάλματος ταξινόμησης ισούται με την μέση τιμή των σφαλμάτων.

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (10)

- Οι μέθοδοι που συνήθως χρησιμοποιούνται, για τον υπολογισμό του άνω ορίου του πραγματικού σφάλματος του συστήματος ταξινόμησης:
 1. Διαχωρισμός των παραδειγμάτων σε σύνολο εκπαίδευσης και σύνολο ελέγχου (Sample Partitioning method):
 - Τα παραδείγματα χωρίζονται σε δυο ομάδες, σε εκείνα που χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση (συνήθως τα περισσότερα) και στα εναπομείναντα παραδείγματα που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση του σφάλματος.
 - Η μέθοδος θεωρείται ασφαλής, μόνο όταν υπάρχει διαθέσιμος, ένας μεγάλος αριθμός παραδειγμάτων εκπαίδευσης, διότι σε αντίθετη περίπτωση, παρουσιάζονται λάθη στον υπολογισμό των παραμέτρων και κατά συνέπεια, στην αξιοπιστία του συστήματος.

Μέτρηση της Αξιοπιστίας ενός Συστήματος Ταξινόμησης Προτύπων (11)

2. Μέθοδος του αχρησιμοποίητου παραδείγματος (Leaving-one-out method):

- Η μέθοδος προτιμάται στην περίπτωση που ο αριθμός των παραδειγμάτων, που είναι διαθέσιμος, είναι μικρός.
- Αρχικά το σύστημα ταξινόμησης εκπαιδεύεται από **N-1** παραδείγματα.
- Το αχρησιμοποίητο παράδειγμα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του σφάλματος, με άμεσο αποτέλεσμα να έχουμε δυο μόνο δυνατές τιμές, 0% σφάλμα στην περίπτωση που το παράδειγμα ταξινομήθηκε σωστά και 100% σφάλμα αν το παράδειγμα ταξινομήθηκε λάθος.
- Η διαδικασία επαναλαμβάνεται **N** φορές, αφαιρώντας κάθε φορά και ένα διαφορετικό παράδειγμα από το σύνολο των **N** παραδειγμάτων που είναι διαθέσιμα. Σαν τελικό σφάλμα υπολογίζεται ο αριθμός των σφαλμάτων ταξινόμησης προς τον συνολικό αριθμό των παραδειγμάτων **N**.

Σχεδιασμός Συστημάτων Αναγνώρισης

- Κάθε αντικείμενο διαθέτει ένα μεγάλο πλήθος χαρακτηριστικών. Η σωστή επιλογή των παραμέτρων, που χαρακτηρίζουν το αντικείμενο, βελτιώνει την αξιοπιστία και την υπολογιστική πολυπλοκότητα του συστήματος ταξινόμησης.
- Η επιλογή των καλύτερων παραμέτρων και η βέλτιστη προεπεξεργασία των μετρήσεων που λαμβάνονται από τα αντικείμενα (εξαγωγή παραμέτρων), βελτιώνουν την αξιοπιστία του συστήματος.
- Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ταξινόμησης αντικειμένων εξαρτάται από τις ιδιαιτερότητες της εφαρμογής.

Τέλος Ενότητας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Δερματάς
Ευάγγελος 2015. «Αναγνώριση Προτύπων Ι».
Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη
δικτυακή διεύθυνση:
<https://eclass.upatras.gr/courses/EE652/>.