



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ,

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΚΕΣ 03: ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ

Ακαδημαϊκό Έτος 2007 – 2008, Χειμερινό Εξάμηνο

Εργαστηριακή Άσκηση 3: Ταξινόμηση χειρόγραφων ψηφίων με τις μεθόδους Bayes και k-NN

18 Δεκεμβρίου 2007

Στην Άσκηση αυτή θα μελετηθούν δύο από τις απλούστερες μεθόδους ταξινόμησης προτύπων: (α) ταξινόμηση με τον κανόνα του Bayes, και (β) ταξινόμηση με βάση τους k-πλησιέστερους γείτονες (k-NN).

Προκαταρκτικά:

Από την Ιστοσελίδα του μαθήματος (κατάλογος *assignments*) κατεβάστε το αρχείο *digitsVectors.mat*, το οποίο περιέχει πρότυπα από χειρόγραφα ψηφία (από 0 έως 9). Κάθε ένα χειρόγραφο ψηφίο προέρχεται από τη σάρωση (scan) της έντυπης μορφής του και την αποθήκευση του σε μία εικόνα μεγέθους [8 x 8] pixels. Από την εικόνα αυτή προκύπτει ένα διάνυσμα 5 χαρακτηριστικών ($l=5$), με την χρήση της αποσύνθεσης ιδιοτιμών (Singular Value Decomposition).

Μπορείτε να δείτε το περιεχόμενο του ανωτέρω αρχείου στη Matlab γράφοντας την εντολή *load digitsVectors.mat*. Συγκεκριμένα περιέχει δύο δομές τύπου *structure* (*struct*): τη δομή *learn* και την δομή *test*. Κάθε μία δομή περιέχει τα πρότυπα (*learn.P*, *test.P*) (διανύσματα 5 χαρακτηριστικών) και τις αντίστοιχες κατηγορίες που αυτά ανήκουν (*learn.T*, *test.T*) (ένα από τα 10 αριθμητικά ψηφία, δηλ. από 0 έως και 9).

Υπάρχουν 3823 πρότυπα εκπαίδευσης (*learn*) και 1797 πρότυπα για έλεγχο (*test*).

Ταξινόμηση με τον κανόνα Bayes:

Στο πλαίσιο αυτής της άσκησης καλείστε να ταξινομήσετε τα διανύσματα ελέγχου (*test.P*) σε μια από τις κατηγορίες $\omega_0 = '0'$, $\omega_1 = '1'$, ..., $\omega_9 = '9'$ χρησιμοποιώντας τον κανόνα του Bayes. Για το σκοπό αυτό θα χρειαστεί να εκτιμήσετε τις συναρτήσεις πυκνότητας πιθανότητας $p(\underline{x}|\omega_i)$, $i = 0,1,\dots,9$ καθώς και τις εκ των προτέρων πιθανότητες $P(\omega_i)$, $i = 0,1,\dots,9$. Η εκτίμηση θα πρέπει να γίνει με τη βοήθεια των διανυσμάτων εκπαίδευσης (δομή *learn*). Για διευκόλυνση των πράξεων χρησιμοποιείστε εκτίμηση παραμέτρων με βάση την αρχή της μέγιστης πιθανοφάνειας (maximum likelihood).

- (1) Κατασκευάστε μια συνάρτηση σε Matlab το οποίο να διαβάζει δομές τύπου *learn* και υπολογίζει τις παραμέτρους των πολυδιάστατων κανονικών κατανομών ($\underline{\mu}_i$, Σ_i) για κάθε μια από τις κατηγορίες που περιέχονται στη δομή *learn*.

- (2) Κατασκευάστε μια συνάρτηση σε Matlab που να υπολογίζει την τιμή $p(\underline{x} | \omega_i)$ για συγκεκριμένο \underline{x} . Η συνάρτηση πρέπει να παίρνει ως ορίσματα εκτός από το διάνυσμα \underline{x} και τις τιμές των παραμέτρων $\underline{\mu}_i, \Sigma_i$.

- (3) Εφαρμόστε τον κανόνα του Bayes για την ταξινόμηση των προτύπων ελέγχου

$$\mathbf{x} \rightarrow \omega_i \quad i : P(\omega_i | \mathbf{x}) > P(\omega_j | \mathbf{x}) \quad \forall j \neq i$$

$$P(\omega_i | \mathbf{x}) = \frac{p(\mathbf{x} | \omega_i)P(\omega_i)}{p(\mathbf{x})}$$

και ελέγξτε το ποσοστό επιτυχίας της μεθόδου δηλ.

$$\text{Ποσοστό Επιτυχίας} = 100 * (\text{αριθμός σωστά ταξινομημένων προτύπων}) / 1797.$$

Ταξινόμηση με τη μέθοδο k -NN:

Στο πλαίσιο αυτής της άσκησης καλείστε να ταξινομήσετε τα διανύσματα ελέγχου ($test.P$) σε μια από τις κατηγορίες $\omega_0 = '0', \omega_1 = '1', \dots, \omega_9 = '9'$ χρησιμοποιώντας τη μέθοδο k -NN για διάφορες τιμές του k . Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε ως χαρακτηριστικά τις τιμές φωτεινότητας αντί για τις ιδιάζουσες τιμές. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε το αρχείο `digits.mat` αντί για το αρχείο `digitsVectors.mat`.

Ως συνάρτηση απόστασης χρησιμοποιείτε την Ευκλείδεια απόσταση. Θα χρειαστείτε και τη συνάρτηση `sort` στη Matlab η οποία ταξινομεί με φθίνουσα ή αύξουσα σειρά τα στοιχεία ενός διανύσματος (το οποίο θα αποτελείται από τις αποστάσεις κάθε διανύσματος ελέγχου από όλα τα διανύσματα εκπαίδευσης)

- (4) Κατασκευάστε μια συνάρτηση σε Matlab που να υπολογίζει την Ευκλείδεια απόσταση ενός διανύσματος από ένα σύνολο άλλων διανυσμάτων
- (5) Κατασκευάστε μια συνάρτηση σε Matlab που να υπολογίζει τους k -πλησιέστερους γείτονες ενός διανύσματος (χρησιμοποιώντας το αποτέλεσμα του (4)) και βρίσκει σε ποιες κατηγορίες αυτοί ανήκουν (είσοδος της συνάρτησης πρέπει να είναι μια δομή τύπου `learn`), καθώς και την πλειοψηφούσα κατηγορία.
- (6) Χρησιμοποιείτε τις συναρτήσεις (4)-(5) για να ελέγξετε την αποτελεσματικότητα της μεθόδου για 5 διαφορετικές τιμές του αριθμού των γειτόνων, k , και συγκεκριμένα για τις τιμές: $k = \{1, 3, 7, 11, 21\}$. Καταγράψτε τα αντίστοιχα ποσοστά επιτυχίας.

Σημείωση: Αν θέλετε να δείτε την εικόνα ενός χειρόγραφου ψηφίου θα χρειαστεί να κατεβάσετε το αρχείο `digits.mat` και να το φορτώσετε στο περιβάλλον εργασίας της Matlab. Το αρχείο αυτό περιέχει τις ίδιες δομές με το αντίστοιχο `digitsVectors.mat` αλλά σε κάθε διάνυσμα χαρακτηριστικών (μεγέθους 64 στοιχείων) περιέχεται η σαρωμένη εικόνα για κάθε ψηφίο υπό μορφή διανύσματος. : Έστω x ένα 64-διάστατο πρότυπο. Η εντολή `imshow(reshape(x,8,8),[], 'notruesize')`; εμφανίζει την εικόνα του χειρόγραφου αριθμητικού ψηφίου.

Παραδοτέα:

- (α) Έγγραφο αναφορά με τις απαντήσεις στα ερωτήματα (3), (6)
- (β) Αρχεία Matlab (m-files) με υλοποιήσεις των ερωτημάτων (1),(2),(3),(4).

Όλα τα παραδοτέα συμπιέζονται σε ένα ενιαίο αρχείο zip ή rar και υποβάλλονται μέσω του e-class