# «ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ»

# ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

# Αναγνώριση Προτύπων με Έμφαση στην Αναγνώριση Φωνής

3η Εργαστηριακή Άσκηση

## 

### 9ο Εξάμηνο

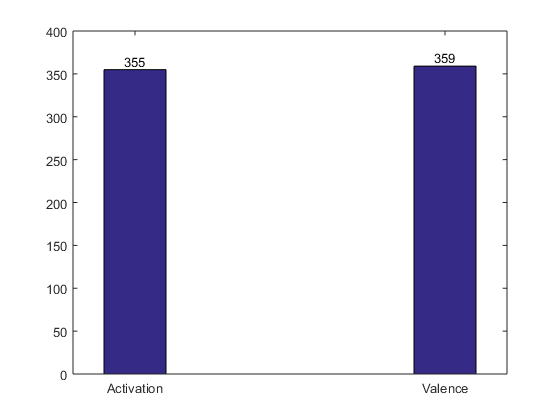
### Αθανασίου Νικόλαος

### 03112074

Σκοπός της 3ης εργαστηριακής άσκησης είναι η αναγνώριση του συναισθήματος με βάση τη μουσική.Έπειτα από την εξαγωγή τελικού επισημειώτη και χαρακτηριστικών προς ταξινόμηση στην προπαρασκευή σε αυτό το κομμάτι της άσκησης ασχολούμαστε με την ταξινόμηση των χαρακτηριστικών σε κλάσεις υψηλού/χαμηλού activation θετικού/αρνητικού valence με βάση τους ταξινομητές που υλοποιήθηκαν στην πρώτη άσκηση και το εργαλείο Weka.

***Βήμα 10***

Για να οδηγηθούμε στο δυαδικό πρόβλημα που ζητείται βρίσκουμε με τη βοήθεια της *find()* τους δείκτες των τιμών διάφορων του 3 για activation και valence και επιλέγουμε μόνο αυτούς από τους αντίστοιχους τελικούς επισημειωτές.Έτσι πρατηρούμε ότι έχουμε πλεόν:



Τέλος κατωφλιώνουμε τους πίνακες για πάνω από το 3 στο 1 και κάτω από το 3 στο -1 και για τις δύο διαστάσεις valence και activation μετατόπιζοντας το πρόβλημα μας σε ένα δυαδικής ταξινόμηση high/low activation positive/negative valence δηλαδή μεγάλη ή μικρή ένταση θετικού ή αρνητικού συνασθήματος.

***Βήμα 11***

Στη συνέχεια οργανώνουμε για κάθε διάσταση τα χαρακτηριστικά που θα πειραματιστούμε ως τα χαρακτηριστικά του βήματος 6(10) τα χαρακτηριστικά του βήματος 7(13mfccs+13deltas+13deltasdeltas=39\*4μετρικές=156) και η συνένωση τους. Χωρίζουμε τα δεδομένα σε 80% train 20% test τυχαία με βάση τη *randperm()* χρησιμοποιώντας 3-fold cross validation δηλαδή για κάθε αλγόριθμο ταξινόμησης επαναλαμβάνεται ο τυχαίος διαχωρισμός και το τρέξιμο του αλγορίθμου 3 φορές και ως αποτέλεσμα λαμβάνεται ο μέσος όρος των τριών αποτελεσμάτων.

***Βήμα 12***

Στο παρόν βήμα εκτελούμε τον αλγόριθμο ΝΝR-k για κ=1,3,5,7 υλοποιημένο όπως ακριβώς την άσκηση 1 δηλαδή χρησιμοποιώντας ως μετρική την ευκλείδια απόσταση και δίνοντας ως παραμέτρους τα test και train δεδομένα εξετάζουμε τους k κοντινότερους γείτονες κάθε train στοιχείου(με βάση την ευκλείδια) μετά από *repmat()*  των test για εξέταση απόστασης.Χρησιμοποιούνται περιττές τιμές του k για να μην έχουμε ισοπαλίες ανάμεσα στον αριθμό κοντινότερων γειτόνων για διαφορετικές κλάσεις.Από το βήμα αυτό και έπειτα ακολουθώντας τις οδηγίες της εκφώνησης χρησιμοποιούμε τις μετρικές accuracy και F-1 η οποία συνδυάζει τα precision και recall.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | NNR-1 | NNR-3 | NNR-5 | NNR-7 |
| Activation | Step6 | Accuracy | 59.15 | **60.09** | 58.22 | 52.58 |
| F1 | 55.92 | **54.53** | 43.65 | 45.77 |
| Step7 | Accuracy | 53.05 | 54.93 | 54.93 | 55.40 |
| F1 | 51.63 | 51.85 | 52.50 | 52.37 |
| All | Accuracy | 59.15 | 59.62 | 58.22 | 52.58 |
| F1 | 56.64 | 54.84 | 43.65 | 45.77 |
| Valence | Step6 | Accuracy | 61.03 | 62.44 | 57.75 | 61.50 |
| F1 | 64.95 | 72.52 | 69.91 | 71.40 |
| Step7 | Accuracy | 64.32 | 62.91 | 63.38 | **68.08** |
| F1 | 66.88 | 72.36 | 74.23 | **74.90** |
| All | Accuracy | 61.03 | 61.97 | 57.28 | 60.56 |
| F1 | 69.09 | 72.27 | 69.69 | 71.40 |

***Bήμα 13***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Naïve Bayes |
| Activation | Step6 | Accuracy | 50.23 |
| F1 | 63.12 |
| Step7 | Accuracy | **61.03** |
| F1 | **61.00** |
| All | Accuracy | 50.70 |
| F1 | 63.67 |
| Valence | Step6 | Accuracy | 54.93 |
| F1 | 66.67 |
| Step7 | Accuracy | 71.83 |
| F1 | 77.78 |
| All | Accuracy | **73.38** |
| F1 | **74.51** |

Παρατηρούνται καλές αποδόσεις και από τους 2 αλγορίθμους με τον ΚΝΝR να είναι καλός ακόμα και μικρό αριθμό γειτόνων και να παρουσιάζει και γενικότερα την υψηλότερη απόδοση.

***Βήμα 14***

Στο βήμα αυτό για τα χαρακτηριστικά του συνδυασμού των χαρακτηριστικών των βημάτων 6 και 7 υλοποιείται ανάλυση κυριότερων συνιστωσών για κάθε διάσταση και ταξινομητή για διάφορες τιμές κυριότερων συνιστωσών ώστε να εξεταστεί κατά πόσο είναι δυνατό πετώντας ένα ορισμένο ποσοστό πληροφορίας και ανακουφίζοντας το υπολογιστικό κόστος να έχουμε ανάλογα ή και καλύτερα απτελέσματα.Ουσιαστικά από τα 166 χαρακτηριστικά λαμβάνεται ένα μικρότερου αριθμού γραμμικό συνδυασμό τους.Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιήθηκε είναι η *pca()* του matlab η οποία αλγοριθμικά επιλέγει από τα δεδομένα την κατεύθυνση με τη μέγιστη διασπορά ως 1η κύρια συνιστώσα και στη συνέχεια αναζητά κάθετη σε αυτή συνιστώσα με μέγιστη διασπορά κ.ο.κ. μέχρι να βρει τον απαιτούμενο αριθμό συνιστωσών που της δίνεται ως παράμετρο.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Components | Metrics | NNR-1 | NNR-3 | NNR-5 | NNR-7 | Bayes |
| Activation | 10 | Accuracy | 58.69 | 61.50 | 61.50 | 55.87 | 49.30 |
| F1 | 49.58 | 53.93 | 48.58 | 43.71 | 57.56 |
| 60 | Accuracy | 59.62 | **64.32** | 56.81 | 55.40 | 52.11 |
| F1 | 60.25 | **63.45** | 55.38 | 51.78 | 65.21 |
| 90 | Accuracy | 59.62 | 65.26 | 58.69 | 57.28 | 51.64 |
| F1 | 55.28 | 56.14 | 51.54 | 52.74 | 66.31 |
| 140 | Accuracy | 60.56 | 61.97 | 56.34 | 56.81 | 51.64 |
| F1 | 53.67 | 54.84 | 43.65 | 45.77 | 61.93 |
| Valence | 10 | Accuracy | 61.50 | 55.87 | 53.62 | 60.09 | 71.83 |
| F1 | 71.06 | 67.21 | 65.70 | 71.75 | 82.46 |
| 60 | Accuracy | 57.75 | 56.85 | 58.22 | 60.09 | **70.42** |
| F1 | 65.43 | 67 | 67.83 | 70.53 | **79.21** |
| 90 | Accuracy | 66.81 | 63.05 | 65.40 | 68.22 | 67.61 |
| F1 | 67.60 | 65.52 | 67.45 | 70.81 | 79.28 |
| 140 | Accuracy | 61.03 | 61.97 | 67.75 | 68.69 | 67.75 |
| F1 | 69.09 | 62.27 | 69.94 | 71.40 | 72.22 |

Παρατηρείται σημαντική αύξηση των αποτελεσμάτων ακόμα και με την επιλογή των 10 συνιστωσών αλλά κυρίως από 60 και πάνω συνιστώσες διαπιστώνεται σταθερά καλύτερη επίδοση της πλειοψηφίας των αλγορίθμων πράγμα λογικό αφού η pca κρατάει τις συνιστώσες με τη θεωρητικά μεγαλύτερη πληροφορία και επιχειρεί να μένει ανεπηρέαστη από μικρή αντιφατική πληροφορία αλλά από την άλλη κινδυνεύει για μικρό αριθμό συνιστωσών να μην έχει επαρκή αποτελέσματα για τους σωστούς υπολογισμούς.Τελικά, λόγω της σαφέστατης μείωση της υπολογιστικής πολυπλοκότητας αφού κατεβάζει τη διάσταση του προβλήματος και της βελτίωσης του αποτελέσματος δίνει θετικά αποτελέσματα αρκεί να εντοπιστεί ο κατάλληλος αριθμός συνιστωσών με πειραματισμούς που προσφέρει ελάχιστο σφάλμα.

***Βήμα 15***

Αρχικά θέτουμε τις σωστές παραμέτρους για να καλέσουμε τη συνάρτηση matlab2weka που είναι ένας cell array με τα ονόματα κάθε χαρακτηριστικού και ως τελευταίο το όνομα της αντίστοιχης κατηγοριοποιήσης(Valence(3 τελευταία)/Activation(3 πρώτα) ).Οι τυποι δεδομένων όλων των attributes (features) ειναι numeric ενώ αυτός των Activation/Valence {-1,1} όπως φαίνεται και στην εκφώνηση.Στη συνέχεια δίνουμε αυτόν τον cell\_array το όνομα της relation που θα περιγράφει αυτό το weka αντικείμενο και τον πίνακ με τις αντίσοιχες τιμές για κάθε set χαρακτηριστικών.Τέλος,το στιγμιότυπο της κλάσης(αντικείμενο) που μας επιστρέφει η συνάρτηση matlab2weka το αποθηκεύουμε ως .arff αρχείο με αντίστοιχο τίτλο με τη βοήθεια της saveARFF.

***Βήμα 16***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Hidden Layers | Learning Rate | Accuracy | F1 |
| Activation | Step6 | 1 | 0.15 | 72.67 | 72.7 |
| 0.45 | 72.95 | 73 |
| 0.9 | **73.23** | **73.3** |
| 2 | 0.15 | 73.52 | 73.4 |
| 0.45 | 70.14 | 70.2 |
| 0.9 | 69.85 | 70 |
| 3 | 0.15 | 72.39 | 72.4 |
| 0.45 | 72.11 | 72.2 |
| 0.9 | 72.11 | 72.1 |
| Step7 | 1 | 0.15 | 72.11 | 72.1 |
| 0.45 | **74.65** | **74.7** |
| 0.9 | 73.24 | 73.3 |
| 2 | 0.15 | 72.39 | 72.4 |
| 0.45 | 73.80 | 73.7 |
| 0.9 | 74.37 | 74.2 |
| 3 | 0.15 | 72.11 | 72.1 |
| 0.45 | 71.83 | 71.9 |
|  | 0.9 | 73.24 | 73.1 |
| All | 1 | 0.15 | 75.49 | 75 |
| 0.45 | 73.52 | 73.5 |
| 0.9 | **77.18** | **77.2** |
| 2 | 0.15 | 72.11 | 72.1 |
| 0.45 | 76.05 | 76.1 |
| 0.9 | 74.93 | 74.8 |
| 3 | 0.15 | 74.37 | 74.4 |
| 0.45 | 70.42 | 70.4 |
| 0.9 | 73.80 | 73.8 |
| Valence | Step6 | 1 | 0.15 | 69.24 | 69.1 |
| 0.45 | **71.86** | **71.9** |
| 0.9 | 68.57 | 67.4 |
| 2 | 0.15 | 69.52 | 66.43 |
| 0.45 | 70.12 | 70 |
| 0.9 | 68.82 | 67.91 |
| 3 | 0.15 | 69.98 | 69.82 |
| 0.45 | 66.9 | 66.86 |
| 0.9 | 67.45 | 68 |
| Step7 | 1 | 0.15 | 74.93 | 75.52 |
| 0.45 | 77.44 | 77.32 |
| 0.9 | 76.6 | 77.01 |
| 2 | 0.15 | 75.49 | 76.10 |
| 0.45 | 75.21 | 75.12 |
| 0.9 | 76.04 | 76 |
| 3 | 0.15 | 75.49 | 75.32 |
| 0.45 | **78.83** | **79.04** |
| 0.9 | 76.04 | 76.1 |
| All | 1 | 0.15 | 78.83 | 79.06 |
| 0.45 | 78.27 | 78.2 |
| 0.9 | **79.94** | **79.9** |
| 2 | 0.15 | 76.04 | 76.02 |
| 0.45 | 79.39 | 79.22 |
| 0.9 | 77.16 | 77.08 |
| 3 | 0.15 | 77.4 | 77.35 |
| 0.45 | 73.82 | 74 |
| 0.9 | 75.77 | 76.12 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | SVM | Random Forest |
| Activation | Step6 | Accuracy | 74.64 | 74.64 |
| F1 | 74.7 | 74.5 |
| Step7 | Accuracy | 75.493 | 76.05 |
| F1 | 75.55 | 76 |
| All | Accuracy | **77.18** | **78.31** |
| F1 | **77.2** | **78.2** |
| Valence | Step6 | Accuracy | 74.65 | 71.03 |
| F1 | 73.2 | 70.5 |
| Step7 | Accuracy | **78.83** | **77.44** |
| F1 | **78.6** | **76.8** |
| All | Accuracy | 78.83 | 75.76 |
| F1 | 78.6 | 74.9 |

Oι εκετελέσεις έγιναν για αριθμό νευρώνων σε κάθε επίπεδο a=(attributes+classes)/2 o οποίος θεωρείται σχετικά καλός, όρο ορμής 0.2 που είναι προκαθορισμένος,validations set μηδενικό και αριθμό εποχών 500.Ο ευρύτερος πειραματισμός με αυτές τις τιμές που αφορούν ειδικότερα το νευρωνικό δίκτυο θα μπορούσε να μας δώσει καλύτερα αποτελέσματα καθώς ο όρος ορμής καθορίζει την ικανότητα του δικτύου να ξεφεύγει από τοπικά ελάχιστα και να συγκλίνει στο επιθυμητό.Επίσης κρίσιμος είναι ο ρόλος του validation set κατά την εκπαίδευση αφού μπορεί να τερματίζει πρόωρα την εκαπίδευση αν υπάρχει σύγκλιση νωρίς μειώνοντας τους υπολογισμούς και βοηθάει στην ασφαλή εκπαίδευση του δικτύου.Τέλος ο αριθμός εποχών θα μπορούσε να αυξηθεί για να εξασφαλιστεί σίγουρα η σύγκλιση και να μην τερματίζεται πρόωρα η εκπαίδευση και ο αριθμός νευρώνων ανά κρυμμένο επιδέχεται σίγουρα πειραματισμό για το βέλτιστο αποτέλεσμα αν και γενικότερα καλές τιμές θεωρούνται αυτές που βρίσκονται στη μέση περίπου του αθροίσματος εισόδων και εξόδων.Τα καλύτερα αποτελέσματα δίνονται με μικρή απόκλιση από τους άλλους 2 από τον MultilayerPerceptron με 1 κρυφό επίπεδο για ενδιάμεση τιμή του ρυθμού μάθησης που είναι λογικό αφού ο μεγάλος και μικρός ρυθμός οδηγούν σε ραγδαία και μικρή αντίστοιχα μεταβολή των βαρών που αντιστοιχεί είτε σε ταλαντώσεις γύρω από μέγιστο αφού κάθε φορά αλλάζουν πολύ τα βάρη είτε σε αργή ή και καθόλου σύγκλιση αφού λόγω των εποχών μπορεί να τερματίζεται πρόωρα αντιστοίχως.Οι άλλοι 2 αλγόριθμοι δίνουν καλά σε γενικές γραμμές αποτελέσματα κοντά στα βέλτιστα.

***Βήμα 17***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Hidden Layers | Learning Rate | Accuracy | F1 |
| Activation | Multilayer  Perceptron | 1 | 0.15 | 78.59 | 78.6 |
| 0.45 | 78.59 | 78.6 |
| 0.9 | **79.15** | **79.2** |
| 2 | 0.15 | 77.46 | 77.5 |
| 0.45 | 76.62 | 76.7 |
| 0.9 | 74.15 | 73.9 |
| 3 | 0.15 | 77.18 | 77.2 |
| 0.45 | 75.77 | 77.5 |
| 0.9 | 73.52 | 73.5 |
| SVM |  |  | **80.64** | **80.7** |
| Random  Forest |  |  | 74.69 | 74.5 |
| Valence | Multilayer  Perceptron | 1 | 0.15 | 83.29 | 82.9 |
| 0.45 | **83.29** | **82.9** |
| 0.9 | 81.34 | 80.9 |
| 2 | 0.15 | 81.2 | 81.1 |
| 0.45 | 81.89 | 81.7 |
| 0.9 | 81.4 | 81.3 |
| 3 | 0.15 | 80.45 | 80.3 |
| 0.45 | 79.94 | 79.7 |
| 0.9 | 80.22 | 80.1 |
|  | Random  Forest |  |  | 75.32 | 75.3 |
|  | SVM |  |  | **85.41** | **84.3** |

Αρχικά επιλέγουμε από την καρτέλα Select Attributes του explorer ως attribute evaluator των WrapperSubsetEval όπως υποδεικνύεται και από την εκφώνηση.Πειραματιζόμενος με τον classifier του συγκεκριμένου attribute evaluator καταλήγουμε ότι καλά αποτελέσματα μας δίνει ο svm classifier(SMO) και έτσι αυτός χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο.Ως μέθοδο αναζήτησης χρησιμοποιέιται η best first όπως και πριν αν και δοκιμάστηκε η GreedyStepWise και η RaceSearch χωρίς καθόλου βελτίωση στα αποτελέσματα. Τα χαρακτηριστικά που επιλέχθησαν για τη διάσταση activation είναι:

Selected attributes: 3,10,11,12,51,53,57,70,108,158,160,162

Και για valence:

Selected attributes: 10,34,45,55,57,72,91,98,106,117,157

Σε κάθε περίπτωση με την επιλογή συγκεκριμένων features που κρίνονται καλύτερα ανάλογα με τον αλγόριθμο που χρησιμοποιείτε παρατηρούμε ότι σε κάθε περίπτωση τα αποτελέσματα είναι σαφώς βελτιωμένα έναντι των αποτελεσμάτων που είχαμε λάβει στα προηγούμενα ερωτήματα αφού ο χειρισμός του προβλήματος είναι εξυπνότερος δεδομένου ότι επιλέγουμε τα καλά χαρακτηριστικά ανάμεσα από όλα.

Τέλος πρατηρείται όπως αναμενόταν ότι η αύξηση των επιπέδων στα πολυεπίπεδα perceptron πέραν το 2,3 δεν οδήγησε σε βελτιώσεις αλλά σε χειρετέρευση του αποτελέσματος αφού είναι αρκετά το πολύ 2,3 επίπεδα ώστε ο Perceptron ταξινομητής να επιτύχει σωστό διαχωρισμό και περαιτέρω αύξηση οδηγεί σε overfitting και κακά αποτελέσματα.