

Εργασία του μαθήματος «Ειδικά Θέματα Ι (Μηχανική Μάθηση)»

Αλγόριθμοι αναγνώρισης δραστηριότητας από σήμα επιταχυνσιόμετρου

Εισαγωγικά

Η εργασία του μαθήματος θα υλοποιηθεί σε ομάδες έως τριών ατόμων και έχει ως στόχο τη δημιουργία ενός συστήματος αναγνώρισης δραστηριότητας από σήματα επιταχυνσιόμετρου. Το πρόβλημα προσεγγίζεται ως πρόβλημα μηχανικής μάθησης όπου έχουμε τα στάδια (α) προεπεξεργασίας, (β) εξαγωγής χαρακτηριστικών, (γ) εκπαίδευσης μοντέλου ταξινόμησης και (δ) αξιολόγησης. Τα βήματα περιγράφονται λεπτομερέστερα στις επόμενες ενότητες. Για την υλοποίηση της εργασίας σας δίνεται ένα σύνολο δεδομένων που θα χρησιμοποιήσετε για ανάπτυξη και αξιολόγηση.

Παραδοτέα

Γραπτή αναφορά με απαντήσεις στα ζητούμενα της εργασίας, καθώς και ο σχετικός κώδικας σε γλώσσα MATLAB (με εγκατεστημένη τη βιβλιοθήκη LibSVM) ή Python. Παρακαλώ γράψτε επαρκή σχόλια στον κώδικα. Η αναφορά και ο κώδικας θα παραδοθούν ως ένα συμπιεσμένο αρχείο zip. Ο κώδικας θα πρέπει να συνοδεύεται από οδηγίες για την εκτέλεσή του.

Σύνολο δεδομένων

Το σύνολο δεδομένων που σας δίνεται προέρχεται από την εργασία των Shoaib et al. [1] και περιλαμβάνει καταγραφές από 10 συμμετέχοντες που χρησιμοποιούν κινητά τηλέφωνα σε διαφορετικές θέσεις του σώματος ενώ εκτελούν μία δραστηριότητα εκ των biking, downstairs, jogging, sitting, standing, upstairs, walking. Η κάθε καταγραφή δίνει τις τιμές του επιταχυνσιόμετρου από κινητά σε διαφορετικές θέσεις. Η τελευταία στήλη αντιστοιχεί στη δραστηριότητα που εκτελείται.

Υλοποίηση

Προεπεξεργασία

Για την προεπεξεργασία των σημάτων ακολουθήστε τα εξής βήματα

1. Επιλέξτε μία θέση κινητού. Στα πειράματά μας ας εστιάσουμε στο σήμα που αντιστοιχεί στη θέση "left pocket" (ομάδα 1 και 2) και "right pocket" (ομάδα 3 και 4).
2. Μετατρέπουμε το τρισδιάστατο σήμα του επιταχυνσιόμετρου σε μονοδιάστατο παίρνοντας το μέτρο του διανύσματος επιτάχυνσης.
3. Οι τιμές μέτρου που είναι πάνω από 1000 αντιστοιχούν σε σφάλματα του αισθητήρα. Αντικαταστήστε τις τιμές αυτές με την προηγούμενη τιμή του αισθητήρα.

Εξαγωγή χαρακτηριστικών

Επιλέγουμε παράθυρα 20 δευτερολέπτων του σήματος, με βήμα 1 δευτερόλεπτο. Σε κάθε παράθυρο αντιστοιχίζουμε μία δραστηριότητα που είναι η δραστηριότητα με την πλειοψηφία στα δείγματα που περιέχονται στο παράθυρο. Από κάθε παράθυρο εξάγουμε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (σε παρένθεση οι συναρτήσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε MATLAB/SciPy):

1. Μέσος όρος των τιμών του παραθύρου (mean())
2. Τυπική απόκλιση των τιμών του παραθύρου (std())
3. Ασυμμετρία κατανομής - skewness (skewness() ή skew() στο SciPy)
4. Μέγιστη τιμή (max())
5. Ελάχιστη τιμή (min())

6. Διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής ($\max() - \min()$)
7. Εκτίμηση ισχύος φάσματος με τη μέθοδο του Welch ($\text{pwelch}()$ ή $\text{welch}()$ στο SciPy)

Το φάσμα ισχύος αντιστοιχεί σε πολλές τιμές. Κανονικοποιούμε το κάθε χαρακτηριστικό με όποια μέθοδο προτιμάμε (linear normalization, standardization). Στο τέλος μένουμε με ένα διάνυσμα χαρακτηριστικών και μία ετικέτα δραστηριότητας για κάθε παράθυρο του σήματος.

LOSO εκπαίδευση

Θα ακολουθήσουμε τη μέθοδο αξιολόγησης Leave-One-Subject-Out. Σ' αυτήν, εκπαιδεύουμε κάθε φορά με τα δεδομένα από τους συμμετέχοντες $1, \dots, i-1, i+1, \dots, n$ (όπου n ο συνολικός αριθμός συμμετεχόντων) και αξιολογούμε στα δεδομένα του συμμετέχοντα i . Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται επαναληπτικά n φορές. Προκύπτει έτσι ένας πίνακας σύγχυσης (confusion matrix) για κάθε συμμετέχοντα. Αθροίζοντας τους πίνακες σύγχυσης προκύπτει ένας τελικός πίνακας από τον οποίο μπορούμε να υπολογίσουμε και τις μετρικές αξιολόγησης.

Για την εκπαίδευση χρησιμοποιήστε:

- 1) SVM με πυρήνα Radial Basis Function (RBF). Συνίσταται να διερευνήσετε (σε λογικά πλαίσια) τις τιμές των παραμέτρων C και γ . Εάν δεν μπορείτε να αποφασίσετε για τις βέλτιστες τιμές μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις προεπιλεγμένες τιμές (στην περίπτωση LibSVM) $C = 1$ και $\gamma = 1/p$ όπου p η διάσταση του διανύσματος χαρακτηριστικών.
- 2) Δένδρα απόφασης ή k -πλησιέστερους γείτονες (δική σας επιλογή). Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να πειραματιστείτε (σε λογικά πλαίσια) με τις τιμές των παραμέτρων.
- 3) Νευρωνικό δίκτυο MLP με 1 – 2 κρυφά στρώματα και χρήση ορμής (momentum). Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να πειραματιστείτε (σε λογικά πλαίσια) με τις τιμές των παραμέτρων.

Αφού διερευνήσετε τις διάφορες τιμές των παραμέτρων, πρέπει καταλήξετε στις βέλτιστες και με βάση αυτές να εκπαιδεύσετε το εκάστοτε μοντέλο.

Ερωτήματα

Στην αναφορά απαντήστε στα ακόλουθα ερωτήματα:

1. Για κάθε μία από τις παραπάνω μεθόδους ταξινόμησης, αναφέρετε ενδεικτικά αποτελέσματα από τη διαδικασία εύρεσης των βέλτιστων παραμέτρων. Επίσης, αναφέρετε τις βέλτιστες παραμέτρους που χρησιμοποιήσατε για την τελική εκπαίδευση των μοντέλων.
2. Για κάθε μία από τις παραπάνω μεθόδους ταξινόμησης, υπολογίστε τον πίνακα σύγχυσης και την ορθότητα (accuracy) της ταξινόμησης δραστηριοτήτων.
3. Με βάση τον πίνακα σύγχυσης (για κάθε μία από τις παραπάνω μεθόδους ταξινόμησης), ποιες δραστηριότητες συγχέει ο αλγόριθμος; Σχολιάστε γιατί μπορεί να συμβαίνει αυτό. Επίσης, σχολιάστε τυχόν διαφορές μεταξύ των 3 μοντέλων ταξινόμησης.
4. Για την καλύτερη περίπτωση, υπολογίστε έναν νέο πίνακα σύγχυσης όπου οι δραστηριότητες του προηγούμενου ερωτήματος ομαδοποιούνται σε μία δραστηριότητα έτσι ώστε να θεωρείται ότι η δραστηριότητα εντοπίζεται όταν εντοπίζεται τουλάχιστον μία από τις δραστηριότητες της ομάδας (για να γίνει αυτό πρέπει να εκπαιδεύσετε ξανά το μοντέλο χρησιμοποιώντας τις νέες κλάσεις). Ποια είναι η ορθότητα της ταξινόμησης με βάση αυτόν τον πίνακα; Σχολιάστε το αποτέλεσμα.
5. Με βάση τα παραπάνω, επιλέξτε τον καλύτερο ταξινομητή και εκπαιδεύστε τον και με τα 10 subjects. Στη συνέχεια, ελέγξτε την επίδοσή του χρησιμοποιώντας ως test set (i) τα δεδομένα από το "right pocket" (ομάδα 1 και 2), "left pocket" (ομάδα 3 και 4) και (ii) right wrist (όλες οι ομάδες). Σχολιάστε τα αποτελέσματα.
6. (Προαιρετικό): Συλλέξτε τα δικά σας δεδομένα επιταχυνσιομέτρου καθώς πραγματοποιείτε τις παραπάνω δραστηριότητες. Συχνότητα δειγματοληψίας 50Hz. Διάρκεια κάθε δραστηριότητας 2 min. Για τη συλλογή των δεδομένων μπορείτε να χρησιμοποιήσετε οποιαδήποτε εφαρμογή Android ή iOS (π.χ. G-Field Recorder). Χρησιμοποιώντας τον

ταξινομητή που εκπαιδεύσατε στο ερώτημα 5, αξιολογείστε τη επίδοσή του βάσει των δεδομένων που συλλέξατε.

References

[1] Muhammad Shoaib, Stephan Bosch, Ozlem Incel, Hans Scholten, and Paul Havinga. “A survey of online activity recognition using mobile phones”. In: *Sensors* 15.1 (2015), pp. 2059–2085.