

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

4η Εργαστηριακή Άσκηση

Εκπαίδευση νευρωνικών δικτύων με τον αλγόριθμο
οπισθοδρομικής διάδοσης του σφάλματος
(Error backpropagation)

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ

Ο πλέον δημοφιλής αλγόριθμος εκπαίδευσης νευρωνικών δικτύων ονομάζεται Error-backpropagation, και βασίζεται στην γενική μέθοδο υπολογισμού παραμέτρων σε προβλήματα βελτιστοποίησης συνεχών και παραγωγίσιμων συναρτήσεων gradient descent:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Backpropagation>

<https://brilliant.org/wiki/backpropagation/>

Κατανοήστε τις βασικές αρχές του αλγόριθμου και τις σχέσεις που επαναπροσδιορίζουν τους συντελεστές βαρύτητας των συνάψεων.

ΕΚΦΩΝΗΣΗ

Αρχικά κατασκευάστε ένα νευρωνικό δίκτυο δύο επιπέδων. Στο πρώτο επίπεδο θα έχει 100 νευρώνες και στο δεύτερο 10 νευρώνες. Το διάνυσμα εισόδου θα περιέχει 12 τιμές. Αριθμητική ακρίβεια: double.

Προτείνεται να κατασκευάσετε την απλούστερη υλοποίηση, δηλαδή οι συνάψεις των νευρώνων κάθε επιπέδου να είναι αποθηκευμένες σε ένα διδιάστατο πίνακα π.χ. $WL1[100][12+1]$ και για το δεύτερο επίπεδο $WL2[10][100+1]$. Η επιπρόσθετη θέση στον πίνακα δηλώνει τον σταθερό όρο που πρέπει να προσθέτουμε στην είσοδο κάθε νευρώνα. Η εσωτερική κατάσταση του νευρώνα σε κάθε επίπεδο θα αποθηκευτεί σε ξεχωριστό πίνακα $DL1[100]$ για το πρώτο επίπεδο και $DL2[10]$ για το δεύτερο επίπεδο. Οι έξοδοι των νευρώνων θα αποθηκευτούν αντίστοιχα στους πίνακες $OL1[100]$ και $OL2[10]$.

Εργασία 1

Κατασκευάστε μία συνάρτηση που θα περνάτε σαν παράμετρο το διάνυσμα της εισόδου και η συνάρτηση θα υπολογίζει την αριθμητική τιμή των εσωτερικών καταστάσεων και της εξόδου όλων των νευρώνων του δικτύου. Ενδεικτικά η δήλωση της συνάρτησης θα είναι:

*Void activateNN(double *Vector) ;*

Επιβεβαιώστε την καλή λειτουργία της συνάρτησης με πολύ απλά δίκτυα. Πχ δύο νευρώνες στο πρώτο κρυφό επίπεδο και δυο νευρώνες στο επίπεδο εξόδου, τοποθετώντας στο διάνυσμα εισόδου τυχαίες τιμές στο διάστημα $[-1,1]$.

Εργασία 2

Μελετήστε τον αλγόριθμο οπισθοδρομικής διάδοσης του σφάλματος και κατασκευάστε συνάρτηση η οποία θα επαναπροσδιορίζει τους πίνακες τιμών που περιέχουν τους συντελεστές βαρύτητας του νευρωνικού δικτύου:

*Void trainNN(double *input, double *desired) ;*

Προσοχή: μπορεί τα μαθηματικά του αλγόριθμου να φαίνονται περίπλοκα, αλλά η υλοποίηση είναι απλή.

Επιβεβαιώστε την καλή λειτουργία της συνάρτησης με πολύ απλά δίκτυα. Πχ δύο νευρώνες στο πρώτο κρυφό επίπεδο και δυο νευρώνες στο επίπεδο εξόδου, τοποθετώντας στο διάνυσμα εισόδου τυχαίες τιμές στο διάστημα $[-1,1]$ και επιθυμητές τιμές μέσα στο πεδίο τιμών της μη-γραμμικής συνάρτησης.

Για να δείτε τις δυνατότητες του αλγόριθμου, τοποθετείστε στην είσοδο και την έξοδο τυχαίες τιμές, και επαναλάβετε την διαδικασία εκπαίδευσης πολλές φορές με το ίδιο ζευγάρι εισόδου-επιθυμητής εξόδου. Θα πρέπει να παρατηρήσετε ότι η διαφορά ανάμεσα στην έξοδο του νευρωνικού δικτύου και τις επιθυμητές τιμές θα πρέπει να ελλατώνεται συνεχώς και να τείνει στο μηδέν ανεξάρτητα από την τιμή της εισόδου και των επιθυμητών τιμών στην έξοδο.

Εργασία 3

Μελετήστε τον αλγόριθμο και βρείτε ποιά τμήματα υπολογισμών μπορούν να εκτελεστούν παράλληλα. Κάντε τις αναγκαίες αλλαγές στο μέγεθος του νευρωνικού δικτύου έτσι ώστε οι πίνακες του προγράμματος να ταυτίζονται με αυτούς της εκφώνησης και υπολογίστε πόσο χρόνο απαιτεί η ενεργοποίηση και η εκπαίδευση του δικτύου με μια επανάληψη του αλγόριθμου οπισθοδρομικής διάδοσης του σφάλματος.

Κάνετε τις αναγκαίες προσθήκες στο πρόγραμμά σας έτσι ώστε να εκτελείται με παράλληλο τρόπο μειώνοντας ταυτόχρονα και τον χρόνο των υπολογισμών. Υπολογίστε και αξιολογήστε την προσπάθειά σας.

Εργασία 4

Δείτε την συμπεριφορά του προγράμματος που κατασκευάσατε σε πραγματικό πρόβλημα μηχανικής μάθησης. Συγκεκριμένα απο εικόνες ρούχων πρέπει να αναγνωρίσετε τον τύπο τους. Αναλυτική περιγραφή του προβλήματος θα βρείτε στην ιστοσελίδα:

<https://www.kaggle.com/zalando-research/fashionmnist/data>

Τα δεδομένα μπορείτε να τα κατεβάσετε στον δικό σας υπολογιστή ή θα τα βρείτε διαθέσιμα στον υπολογιστή του εργαστηρίου.

Η βάση δεδομένων αποτελείται από ένα σύνολο εκπαίδευσης των 60.000 παραδειγμάτων και ένα σύνολο αξιολόγησης 10.000 παραδειγμάτων. Κάθε παράδειγμα είναι μια εικόνα σε κλίμακα του γκρι 28x28 εικονοστοιχείων, (784 εικονοστοιχεία συνολικά) που σχετίζεται με μια κατηγορία ενδυμάτων. Σύνολο κατηγοριών 10. Χαμηλή τιμή εικονοστοιχείου σημαίνει λευκό χρώμα, με υψηλότερους αριθμούς να σημαίνουν πιο σκούρο. Η τιμή εικονοστοιχείου είναι ένας ακέραιος μεταξύ 0 και 255. Τα σύνολα δεδομένων εκπαίδευσης και αξιολόγησης έχουν 785 στήλες. Η πρώτη στήλη αποτελείται από την

κατηγορία της εικόνας και αντιπροσωπεύει το είδος της ένδυσης. Οι υπόλοιπες στήλες περιέχουν τις τιμές εικονοστοιχείων της σχετικής εικόνας. Σκοπός της 4ης εργασίας είναι να εκπαιδεύσετε το νευρωνικό δίκτυο με τα παραδείγματα εκπαίδευσης και να υπολογίσετε το σφάλμα αναγνώρισης τόσο στα 60.000 παραδείγματα εκπαίδευσης όσο και στα 10.000 παραδείγματα αξιολόγησης που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση. Υπολογίστε και τους αντίστοιχους χρόνους που θα επιτύχετε όταν εκπαιδεύσετε το νευρωνικό δίκτυο επιλέγοντας τυχαία παραδείγματα 6.000.000 φορές.

ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ

- Για την εργασία 1 στείλτε τον κώδικα σε c ή c++. Να βάλετε σχόλια!!!
- Για την εργασία 2 στείλτε τον κώδικα σε c ή c++ που υλοποιήσατε. Να τυπώσετε το άθροισμα της διαφοράς ανάμεσα στην είσοδο και την επιθυμητή τιμή εξόδου στα διαδοχικά βήματα του αλγόριθμου εκπαίδευσης.
- Για την εργασία 3, ότι και στην 2. Να βάλετε σχόλια Και να σχολιάσετε όλες τις προσπάθειες που κάνατε για τον παραλληλισμό του αλγόριθμου.
- Για την εργασία 4 στείλτε τον κώδικα σε c ή c++ που υλοποιήσατε και τις μετρήσεις που κάνατε όπως αυτές περιγράφονται στην εκγώνηση της εργασίας. Σχολιάστε την προσπάθειά σας.