

K23γ: Ανάπτυξη Λογισμικού για Αλγοριθμικά Προβλήματα

Χειμερινό εξάμηνο 2020-21

2^η Προγραμματιστική Εργασία

Εκπαίδευση και αποτίμηση νευρωνικού δικτύου αυτοκωδικοποίησης εικόνων αριθμητικών ψηφίων. Χρήση του κωδικοποιητή για τη δημιουργία νευρωνικού δικτύου κατηγοριοποίησης των εικόνων. Εκπαίδευση και αποτίμηση του νευρωνικού δικτύου ταξινόμησης. Θα χρησιμοποιηθεί η γλώσσα Python (3.8) και η προγραμματιστική διεπαφή Keras επί της πλατφόρμας νευρωνικών δικτύων TensorFlow.

Η εργασία πρέπει να υλοποιηθεί σε σύστημα Linux και να υποβληθεί στις Εργασίες του e-class το αργότερο την Παρασκευή 27/11/2020 στις 23.59.

Περιγραφή της εργασίας

A) Θα κατασκευάσετε νευρωνικό δίκτυο αυτοκωδικοποίησης εικόνων N1. Θα πραγματοποιήσετε πειράματα εκπαίδευσης του δικτύου με διαφορετικές τιμές υπερπαραμέτρων (αριθμού συνελκτικών στρώματων, μεγέθους συνελκτικών φίλτρων, αριθμού συνελκτικών φίλτρων ανά στρώμα, αριθμού εποχών εκπαίδευσης (epochs), μεγέθους δέσμης (batch size) ώστε να ελαχιστοποιήσετε το σφάλμα (loss) αποφεύγοντας την υπερπροσαρμογή (overfitting). Τα δεδομένα εισόδου πρέπει να χωριστούν κατάλληλα σε σύνολο εκπαίδευσης (training set) και σε σύνολο επικύρωσης (validation set). Μετά την εκπαίδευση το νευρωνικό δίκτυο αποθηκεύεται. Το πρόγραμμα θα σχεδιάζει γραφικές παραστάσεις του σφάλματος στο σύνολο εκπαίδευσης και στο σύνολο επικύρωσης ως προς τις τιμές των υπερπαραμέτρων.

B) Θα κατασκευάσετε νευρωνικό δίκτυο κατηγοριοποίησης εικόνων N2. Το εν λόγω νευρωνικό δίκτυο σχηματίζεται από τα στρώματα κωδικοποίησης (encoder) του δικτύου N1 τα οποία συνδέονται με ένα πλήρως συνδεδεμένο στρώμα και με ένα στρώμα εξόδου. Η εκπαίδευση του δικτύου χωρίζεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο γίνεται μάθηση μόνο των βαρών του πλήρως συνδεδεμένου στρώματος. Στο δεύτερο στάδιο γίνεται μάθηση των βαρών του δικτύου συνολικά. Ο χωρισμός της εκπαίδευσης σε δύο στάδια αποσκοπεί στη μείωση του χρόνου σύγκλισης του αλγορίθμου στις επιθυμητές τιμές σφάλματος και ορθότητας, δεδομένου ότι η οπισθοδιάδοση στα συνελκτικά στρώματα είναι υπολογιστικά ακριβή διαδικασία.

Θα πραγματοποιήσετε πειράματα εκπαίδευσης του δικτύου με διαφορετικές τιμές για τον αριθμό των κόμβων του πλήρως συνδεδεμένου στρώματος, τον αριθμό των κύκλων εκπαίδευσης και το μέγεθος δέσμης με στόχο τη βελτιστοποίηση της ορθότητας (accuracy) και την ελαχιστοποίηση του σφάλματος (loss). Η εκπαίδευση του δικτύου χρησιμοποιεί κατηγοριοποιημένα (labeled) δεδομένα εκπαίδευσης. Θα πρέπει να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της υπερπροσαρμογής μέσω των εργαλείων που παρέχει το Keras για dropout τα οποία απενεργοποιούν με τυχαίο τρόπο ένα μέρος των νευρώνων κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκπαίδευσης. Θα ελεγχθεί και θα μετρηθεί η ορθή κατηγοριοποίηση των

εικόνων βάσει συνόλου ελέγχου (test set). Θα χρησιμοποιηθούν οι δείκτες αξιολόγησης: ορθότητα (accuracy), σφάλμα (loss), ακρίβεια (precision), ανάκληση (recall), f-score. Το πρόγραμμα θα σχεδιάζει γραφικές παραστάσεις της ορθότητας και του σφάλματος στο σύνολο εκπαίδευσης και στο σύνολο ελέγχου ως προς τις τιμές των υπερπαραμέτρων. Επίσης, θα προβάλλονται οι εικόνες των ψηφίων του συνόλου ελέγχου και θα εμφανίζεται η κατηγορία στην οποία εντάχθηκαν.

Τα πειράματα εκπαίδευσης των νευρωνικών δικτύων και τα αποτελέσματά τους θα περιγραφούν και θα σχολιαστούν στην αναφορά που θα παραδοθεί.

ΕΚΤΕΛΕΣΗ

A) Ένα binary αρχείο `training.dat` για την είσοδο του συνόλου δεδομένων (dataset) με την κάτωθι μορφή:

[offset]	[type]	[value]	[description]
0000	32 bit integer	0x00000803 (2051)	magic number
0004	32 bit integer	60000	number of images
0008	32 bit integer	28	number of rows
0012	32 bit integer	28	number of columns
0016	unsigned byte	??	pixel
0017	unsigned byte	??	pixel
.....			
xxxx	unsigned byte	??	pixel

Το αρχείο δίνεται μέσω παραμέτρου στη γραμμή εντολών. Η εκτέλεση θα γίνεται μέσω της εντολής:

```
$python autoencoder.py -d <dataset>
```

Το πρόγραμμα θα ζητά από τον χρήστη τις συγκεκριμένες τιμές των υπερπαραμέτρων για την εκτέλεση των πειραμάτων εκπαίδευσης. Μετά το τέλος της εκτέλεσης κάθε πειράματος θα δίνει στον χρήστη 3 επιλογές: 1) αν θέλει να επαναλάβει το πείραμα με άλλες τιμές υπερπαραμέτρων 2) αν θέλει να εμφανίσει τις γραφικές παραστάσεις του σφάλματος ως προς τις τιμές των υπερπαραμέτρων για τα εκτελεσθέντα πειράματα και 3) αν θέλει να αποθηκεύσει το μοντέλο που έχει εκπαιδευτεί με τις τελευταίες τιμές υπερπαραμέτρων. Σε αυτή την περίπτωση ζητά από τον χρήστη να δώσει το μονοπάτι του αρχείου που θα αποθηκευθεί.

B. Το αρχείο του ερωτήματος A. καθώς και τα εξής αρχεία `training_labels.dat`:

[offset]	[type]	[value]	[description]
0000	32 bit integer	0x00000801 (2049)	magic number (MSB first)
0004	32 bit integer	60000	number of items
0008	unsigned byte	??	label
0009	unsigned byte	??	label
.....			
xxxx	unsigned byte	??	label

Οι τιμές των ετικετών είναι από 0 έως 9.

Το binary αρχείο test.dat για την είσοδο του συνόλου ελέγχου (test set) με την κάτωθι μορφή:

[offset]	[type]	[value]	[description]
0000	32 bit integer	0x00000803 (2051)	magic number
0004	32 bit integer	10000	number of images
0008	32 bit integer	28	number of rows
0012	32 bit integer	28	number of columns
0016	unsigned byte	??	pixel
0017	unsigned byte	??	pixel
.....			
xxxx	unsigned byte	??	pixel

Το binary αρχείο test_labels.data για την είσοδο των labels του συνόλου ελέγχου.

[offset]	[type]	[value]	[description]
0000	32 bit integer	0x00000801 (2049)	magic number (MSB first)
0004	32 bit integer	10000	number of items
0008	unsigned byte	??	label
0009	unsigned byte	??	label
.....			
xxxx	unsigned byte	??	label

Και το αρχείο <autoencoder>.h5 όπου έχει σωθεί το μοντέλο αυτοκωδικοποίησης.

Τα αρχεία δίνονται μέσω παραμέτρου στη γραμμή εντολών. Η εκτέλεση θα γίνεται μέσω της εντολής:

```
$python classification.py -d <training set> -dl <training labels> -t <testset> -tl <test labels> -model <autoencoder h5>
```

Το πρόγραμμα θα ζητά από τον χρήστη τις συγκεκριμένες τιμές των υπερπαραμέτρων για την εκτέλεση των πειραμάτων εκπαίδευσης. Μετά το τέλος της εκτέλεσης κάθε πειράματος θα δίνει στον χρήστη 3 επιλογές: 1) αν θέλει να επαναλάβει το πείραμα με άλλες τιμές υπερπαραμέτρων 2) αν θέλει να εμφανίσει τις γραφικές παραστάσεις του σφάλματος και της ορθότητας ως προς τις τιμές των υπερπαραμέτρων καθώς και πίνακες για τους υπόλοιπους δείκτες αξιολόγησης για τα εκτελεσθέντα πειράματα και 3) Αν θέλει να προχωρήσει στην κατηγοριοποίηση των εικόνων από το σύνολο ελέγχου, ζητώντας από τον χρήστη ποιες υπερπαραμέτρους θα χρησιμοποιήσει. Σε αυτή την περίπτωση εμφανίζονται οι εικόνες των ψηφίων από το σύνολο ελέγχου μαζί με την κατηγορία στην οποία εντάχθηκαν.

Επιπρόσθετες απαιτήσεις

1. Αρχείο (ή ενότητα στο Readme) που να σχολιάζει τα αποτελέσματα.
2. Το παραδοτέο πρέπει να είναι επαρκώς τεκμηριωμένο με πλήρη σχολιασμό του κώδικα και την ύπαρξη αρχείου Readme το οποίο περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο: α) τίτλο και περιγραφή του προγράμματος, β) κατάλογο των αρχείων κώδικα και περιγραφή τους,

γ) οδηγίες χρήσης του προγράμματος και δ) πλήρη στοιχεία των φοιτητών που το ανέπτυξαν.

3. Η υλοποίηση του προγράμματος θα πρέπει να γίνει με τη χρήση συστήματος διαχείρισης εκδόσεων λογισμικού και συνεργασίας (Git ή SVN) [ομάδες 2 ατόμων].