Slides created by Sofia Eleftheriou

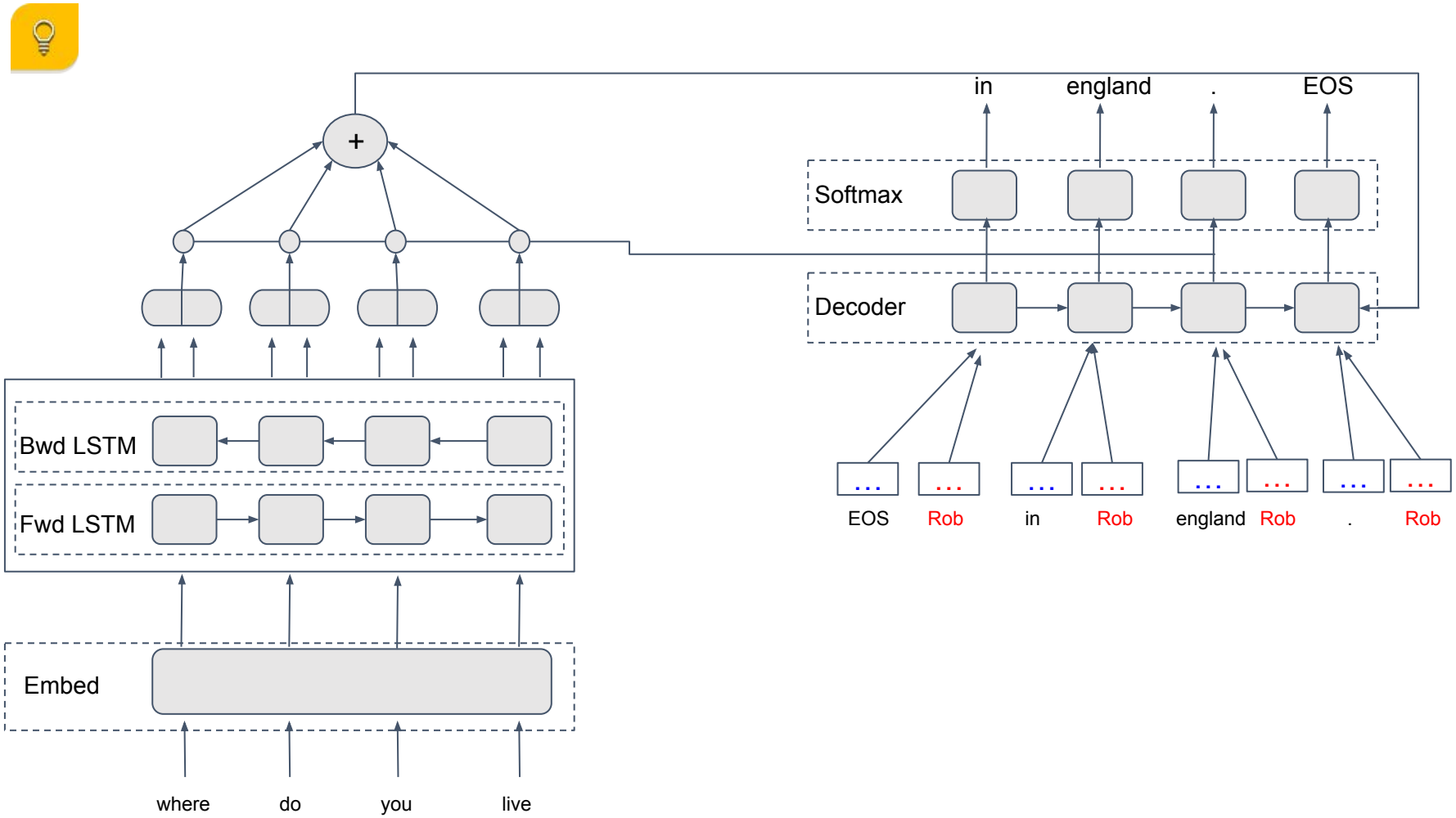
Ασκήσεις μελέτης B10
Lab 5

Human-Computer Interaction, AUEB
Εαρινό εξάμηνο 2023-2024

Lab Assistant: Sofia Eleftheriou

Άσκηση Β10.1

Θέλουμε να βελτιώσουμε το μοντέλο κωδικοποιητή-αποκωδικοποιητή RNN των διαφανειών 13–17 (Chatbots βασισμένα σε νευρωνικά δίκτυα), ώστε να χρησιμοποιεί LSTM διπλής κατεύθυνσης στον κωδικοποιητή, καθώς και έναν μηχανισμό προσοχής, όπως στην άσκηση μελέτης 4 της ενότητας Β6. Εξηγήστε αναλυτικά τι θα άλλαζε στο διάγραμμα και τους τύπους της λύσης εκείνης της άσκησης μελέτης.


in
england
.
EOS
+
Softmax
Decoder
Bwd LSTM
Fwd LSTM
Embed
EOS
Rob
in
Rob
england
Rob
.
Rob
where
do
you
live

Έστω V το λεξιλόγιο της γλώσσας του chatbot (Αγγλικά) και L η λίστα των συνομιλητών που θέλουμε να μπορεί να μιμηθεί το chatbot (π.χ. Rob_712). Κάθε παράδειγμα εκπαίδευσης είναι ένα ζεύγος αποτελούμενο από μια ακολουθία one-hot διανυσμάτων:

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n \in \{0,1\}^{|V|}$$

που αντιστοιχούν σε μια αγγλική πρόταση που υποβάλλει ο χρήστης στο chatbot (κάθε διάνυσμα δείχνει σε ποια θέση του αγγλικού λεξιλογίου V βρίσκεται η αντίστοιχη λέξη) και μια ακολουθία one-hot διανυσμάτων:

$$y_1, y_2, y_3, \dots, y_m \in \{0,\ 1\}^{|V|}$$

που αντιστοιχούν σε μια επίσης αγγλική πρόταση η οποία είναι η σωστή (gold) απόκριση του chatbot (κάθε διάνυσμα δείχνει σε ποια θέση του αγγλικού λεξιλογίου V βρίσκεται η αντίστοιχη λέξη).

Κάθε παράδειγμα εκπαίδευσης περιλαμβάνει επίσης ένα one-hot διάνυσμα u, που δείχνει ως ποιος συνομιλητής πρέπει να απαντήσει το chatbot (το u δείχνει σε ποια θέση της λίστας των συνομιλητών L βρίσκεται ο συγκεκριμένος συνομιλητής τον οποίο θέλουμε να μιμηθεί το chatbot):

$$u \in \{0, 1\}^{|L|}$$

Έστω $E \in \mathbb{R}^{d^{(e)} \times |V|}$ ο πίνακας με τα word embeddings (το καθένα $d^{(e)}$ διαστάσεων) της αγγλικής γλώσσας. Επίσης, έστω $S \in \mathbb{R}^{d(s) \times |L|}$ ο πίνακας με τα speaker embeddings (το καθένα $d^{(s)}$ διαστάσεων).

Οι παρακάτω τύποι περιγράφουν αναλυτικά τη λειτουργία του μοντέλου και τον υπολογισμό του σφάλματος (L) για ένα παράδειγμα εκπαίδευσης. Ο συμβολισμός $[\ldots;\ldots]$ παριστάνει συνένωση (concatenation). Τα f και g παριστάνουν συναρτήσεις ενεργοποίησης.

Κωδικοποιητής: ($i \in \{1, 2, 3, \ldots, \mathrm{n}\}$)

$e_i = E\, x_i \in \mathbb{R}^{d^{(e)}}$

$\vec{h}_i = \mathrm{LSTM}\left(\vec{h}_{i-1},\, e_i\right) \in \mathbb{R}^{d^{(h)}}$ $\qquad$ $\vec{h}_0 \in \mathbb{R}^{d^{(h)}}$

$\overleftarrow{h}_i = \mathrm{LSTM}\left(\overleftarrow{h}_{\mathrm{i}+1},\, e_i\right) \in \mathbb{R}^{d^{(h)}}$ $\qquad$ $\overleftarrow{h}_{n+1} \in \mathbb{R}^{d^{(h)}}$

$h_i = \left[\vec{h}_i; \overleftarrow{h}_i\right] \in \mathbb{R}^{2 \cdot d^{(h)}}$

Αποκωδικοποιητής: ($i \in \{1, 2, 3, \ldots, \mathrm{n}\}$, $j \in \{1, 2, 3, \ldots, m\}$)

$t_j = E\, y_j \in \mathbb{R}^{d^{(e)}}$ (Το embedding της σωστής λέξης εξόδου στη θέση j.)

$s = S\, u \in \mathbb{R}^{d^{(s)}}$ (Το embedding του συνομιλητή-στόχου.)

$z_j = \mathrm{LSTM}\left(z_{j-1},\, \left[t_{j-1}; c_j; s\right]\right) \in \mathbb{R}^{d^{(z)}}$ $\qquad$ $z_0 \in \mathbb{R}^{d^{(z)}}$, $t_0 \in \mathbb{R}^{d^{(e)}}$

$\tilde{a}_{i,j} = v^T \cdot f(W^{(a)} h_i + U^{(a)} z_{j-1} + b^{(a)}) \in \mathbb{R}$ $\qquad$ $W^{(a)} \in \mathbb{R}^{d^{(z)} \times 2 \cdot d^{(h)}}$

$U^{(a)} \in \mathbb{R}^{d^{(z)} \times d^{(z)}}$

$b^{(a)} \in \mathbb{R}^{d^{(z)}}$, $v \in \mathbb{R}^{d^{(z)}}$

$$a_{i,j} = \frac{\exp(\tilde{a}_{i,j})}{\sum_{i'} \exp(\tilde{a}_{i',j})}$$

$$c_j = W^{(c)} \cdot g\left(\sum_i a_{i,j} h_i + b^{(c)}\right) \in \mathbb{R}^{d^{(e)}}$$

$$W^{(c)} \in \mathbb{R}^{d^{(e)} \times 2 \cdot d^{(h)}}$$
$$b^{(c)} \in \mathbb{R}^{2 \cdot d^{(h)}}$$

$$\tilde{o}_j = W^{(o)} z_j + b^{(o)} \in \mathbb{R}^{|V|}$$

$$W^{(o)} \in \mathbb{R}^{|V| \times d^{(z)}}$$
$$b^{(o)} \in \mathbb{R}^{|V|}$$

$$o_{j,k} = \frac{\exp(\tilde{o}_{j,k})}{\sum_{k'=1}^{|V|} \exp(\tilde{o}_{j,k'})}$$

(Πόσο πιθανό θεωρεί το μοντέλο η k-στή λέξη του αγγλικού λεξιλογίου να είναι η σωστή για την j-στή θέση της απόκρισης.)

$$r_j = \text{argmax}_l \; y_{j,l}$$

(Σύμφωνα με το 1-hot y_j, η σωστή λέξη στην j-στή θέση της απάντησης βρίσκεται στη θέση r_j του αγγλικού λεξιλογίου.)

$$L = -\sum_j \log o_{j,r_j}$$

(Ελαχιστοποιώντας το L, μεγιστοποιούμε την πιθανότητα που δίνει το μοντέλο στις σωστές λέξεις, σε όλες τις θέσεις της απάντησης.)