

Memory networks для вопросно-ответных систем

Практикум на ЭВМ 2017/2018

Шамшиев Мамат Мамбетович

МГУ имени М. В. Ломоносова, факультет ВМК, кафедра ММП

10 мая 2018 г.

I: Саша пошел на кухню.

I: Саша взял сок.

I: Саша отправился в офис.

I: Саша оставил сок там.

I: Саша пошел домой.

Q: Где сок?

A: Офис

Q: Где Саша?

A: Дом

У большинства алгоритмов машинного обучения отсутствует простой способ использования долговременной внешней памяти (потенциально, очень большой).

Идея: добавить компоненту долговременной памяти и обучать модель эффективно её использовать.

- Память m — множество ячеек памяти m_i .
- 4 потенциально обучаемые компоненты:
 - **I** (input feature map): преобразование входных данных во внутреннее признаковое представление.
 - **G** (generalization): обновление памяти по новым входным данным.
 - **O** (output feature map): генерация внутреннего представления выхода модели по текущему состоянию памяти и входным данным.
 - **R** (response): преобразование выхода из внутреннего представления в желаемый формат ответа.

По входным данным x схема работы модели имеет следующий вид:

- 1 Перевод x во внутреннее признаковое представление $I(x)$.
- 2 Обновление памяти: $m_i = G(I(x), m), \forall i$.
- 3 Выход модели во внутреннем признаковом представлении: $o = O(I(x), m)$.
- 4 Перевод выхода в желаемый формат ответа: $r = R(o)$.

- **O**: генерирует выход модели с помощью k вспомогательных предложений из памяти. При $k = 2$:

$$o_1 = O_1(x, m) = \operatorname{argmax}_{i=1, \dots, N} s_O(x, m_i)$$

$$o_2 = O_2([x, m_{o_1}], m) = \operatorname{argmax}_{i=1, \dots, N} s_O([x, m_{o_1}], m_i),$$

где s_O — функция, измеряющая сходство между предложениями x и m_i .

- **R**: переводит выход в ответ из одного слова:

$$r = \operatorname{argmax}_{w \in W} s_R([x, m_{o_1}, m_{o_2}], w)$$

- $s(x, y) = F_x(x)^\top \mathbf{U}^\top \mathbf{U} F_y(y)$, где $\mathbf{U} \in \mathbb{R}^{n \times d}$, F_x и F_y — преобразования, переводящие исходные текстовые предложения в d -мерное признаковое пространство.

Минимизируем margin ranking loss по параметрам \mathbf{U}_O и \mathbf{U}_R :

$$\begin{aligned} & \sum_{m \neq m_{o_1}} \max(0, \gamma - s_O(x, m_{o_1}) + s_O(x, m)) + \\ & \sum_{m \neq m_{o_2}} \max(0, \gamma - s_O([x, m_{o_1}], m_{o_2}) + s_O([x, m_{o_1}], m)) + \\ & \sum_{r' \neq r} \max(0, \gamma - s_R([x, m_{o_1}, m_{o_2}], r) + s_R([x, m_{o_1}, m_{o_2}], r')) \end{aligned}$$

Рассмотрим усложнение базовой модели, в качестве входа которой подается поток слов, который только предстоит разделить на предложения и вопросы. Для этого добавим к модели обучаемую функцию сегментации:

$$seg(c) = W_{seg}^T \mathbf{U}_S F_{seg}(c)$$

При обучении минимизируем следующую функцию потерь:

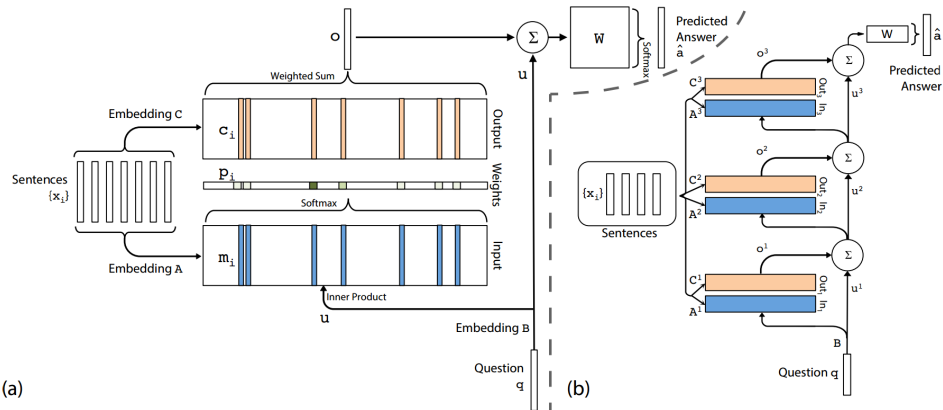
$$\sum_{c \in C} \max(0, \gamma - seg(c)) + \sum_{c' \in C'} \max(0, \gamma + seg(c')),$$

где C — множество всех вспомогательных предложений,
 C' — все остальные сегменты в обучающей выборке.

Идея: отнести входное представление $I(x)$ к одному или нескольким кластерам и вычислять функцию сходства только для m_i из этих кластеров.

- Хэширование слов
- Кластеризация векторных представлений слов

End-to-end MemNN



Для облегчения процесса обучения и уменьшения количества параметров некоторые матрицы объединяют:

- Adjacent: $W^\top = C^K$; $B = A^1$; $A^{k+1} = C^k$, $k = 1, \dots, K-1$.
- Layer-wise: $A^1 = A^2 = \dots = A^K$; $C^1 = C^2 = \dots = C^K$

Пусть $x_i = \{x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_n}\}$ - предложение из n слов.

- Bag-of-words: $m_i = \sum_j A x_{ij}$, $c_i = \sum_j C x_{ij}$, $u = \sum_j B q_j$
- Position encoding: $m_i = \sum_j l_j \odot A x_{ij}$, где $l_{kj} = (1 - j/n) - (k/d)(1 - 2j/n)$, где d - размерность embedding'а.

Во многих задачах помимо информации о содержании предложений, также важен и временной контекст.

- $m_i = \sum_j A x_{ij} + T_A(i)$, где $T_A(i)$ - i -ая строка некоторой обучаемой матрицы T_A .
- $c_i = \sum_j C x_{ij} + T_C(i)$, где $T_C(i)$ - i -ая строка некоторой обучаемой матрицы T_C .

- 20 различных наборов заданий на понимание содержания текста и нахождение логических связей
- Необходимо ответить на вопрос после прочтения истории
- Небольшой словарь слов, простой язык
- Разные задания требуют нахождения разных логических связей

Sam walks into the kitchen.
Sam picks up an apple.
Sam walks into the bedroom.
Sam drops the apple.
Q: Where is the apple?
A. Bedroom

Brian is a lion.
Julius is a lion.
Julius is white.
Bernhard is green.
Q: What color is Brian?
A. White

- Jason Weston, Sumit Chopra & Antoine Bordes "Memory networks"
- Sainbayar Sukhbaatar, Arthur Szlam, Jason Weston, Rob Fergus "End-To-End Memory Networks"