



Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова  
Факультет Вычислительной Математики и Кибернетики  
Кафедра Системного Программирования

Отчёт по заданию

**Модель векторного представления слов на основе  
деревьев зависимостей предложений**

*Автор:*  
студент гр. 427

Архипенко Константин Владимирович

Москва, 2015

# Содержание

1	Введение	3
2	word2vec	4
3	word2vecf	5
4	Практическая часть	6
5	Заключение	7
	Список литературы	8

# 1 Введение

В данной работе описывается модель **word2vecf** векторного представления слов на естественном языке. В отличие от популярной модели **word2vec**<sup>1</sup>, она основана на использовании деревьев зависимостей предложений. Согласно [1], она лучше справляется с задачей поиска синонимов слов. Тем не менее, соответствующий программный инструмент<sup>2</sup> является плохо документированным и неудобным в использовании, а сама модель использовалась лишь в небольшом числе работ.

Целью работы является усовершенствование инструмента: переписывание вспомогательных программ для работы с моделью с языка программирования Python на язык C++, создание скрипта командной строки для запуска обучения модели, адаптация инструмента к формату входных данных, генерируемых как выходные данные синтаксическим анализатором (dependency parser) **RussianDependencyParser**<sup>3</sup> для русского языка.

---

<sup>1</sup><https://code.google.com/p/word2vec/>

<sup>2</sup><https://bitbucket.org/yoavgo/word2vecf/>

<sup>3</sup><https://github.com/mathtexts/RussianDependencyParser/>

## 2 word2vec

Модель **word2vec** основана на использовании двухслойной нейронной сети прямого распространения. В соответствующем инструменте реализованы архитектуры *Continuous Bag-of-Words* и *Skip-gram* [2] для получения векторного представления слов фиксированной размерности  $d$ . Обучение при помощи **word2vec** является онлайнным: имеется скользящее по обучающему корпусу текстов симметричное контекстное окно переменного размера.

Будем рассматривать архитектуру *Skip-gram*, поскольку она является более качественной [2]. Предсказание текущего слова  $\omega_i$  в этой архитектуре разбивается на отдельные предсказания этого слова на основе каждого из слов контекста:

$$\log P(\omega_i|\omega_1^{i-1}) = \log P(\omega_i|\text{context}(\omega_i)) = \sum_{j=-k}^k \log P(\omega_i|\omega_{i+j}).$$

Для ускорения обучения при вычислении  $P(\omega_i|\omega_{i+j})$  вместо применения *softmax*-преобразования над всем словарём (как это делается, например, в ранней модели [3]) предлагаются подходы *hierarchical softmax* и *negative sampling*, второй из которых является более качественным [4].

Задачей *negative sampling* является отделение положительного примера  $(\omega_i, \omega_{i+j})$  от  $s$  отрицательных примеров  $(\omega_{neg_1}, \omega_{i+j}), \dots, (\omega_{neg_s}, \omega_{i+j})$  на основе логистической регрессии, слова  $\omega_{neg_l}$  выбираются случайным образом из некоторого распределения над словарём [5]:

$$\log P(\omega_i|\omega_{i+j}) = \log \sigma(v(\omega_i)v(\omega_{i+j})) + \sum_{l=1}^s \log \sigma(-v(\omega_{neg_l})v(\omega_{i+j})).$$

Здесь  $v(\omega) \in \mathbb{R}^d$  – векторное представление слова  $\omega$ ,  $\sigma(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$  – логистическая функция, а под произведением векторов понимается их скалярное произведение.

Особенностью векторных представлений **word2vec** является возможность решать на их основе задачи поиска синонимов и аналогий слов. Например, к вектору  $v(\text{king}) - v(\text{man}) + v(\text{woman})$  наиболее близким по косинусной мере среди векторов слов оказывается  $v(\text{queen})$  [6].

### 3 word2vecf

Использование линейного контекста является существенным недостатком `word2vec`. Модель `word2vecf` [1] вместо этого использует контекст на основе деревьев зависимостей предложений. При таком подходе появляется возможность в большей мере учитывать зависимости между словами в предложении и в меньшей мере учитывать близость в предложении двух слов, слабо связанных синтаксически.

Будем работать с деревьями зависимостей в формате конференции CoNLL-X [7]. Для каждой пары слов (`first`, `second`), в которой второе слово зависит от первого с типом `type`, составим две пары:

$$\begin{aligned} p_1 &= (\text{first}, \text{type\_second}); \\ p_2 &= (\text{second}, \text{typeI\_first}). \end{aligned}$$

Составим на основе корпуса зависимостей в формате CoNLL-X обучающий корпус пар, состоящий из пар вида  $p_1$  и  $p_2$  для всех имеющихся зависимостей. Составленный корпус и будет являться входными данными для инструмента `word2vecf`.

Инструмент использует два словаря – словарь слов (множество всех различных первых элементов пар в корпусе пар) и словарь контекстов (множество всех различных вторых элементов). Каждому из элементов в обоих словарях сопоставляется вещественнозначный вектор размерности  $d$ . Векторные представления слов и контекстов составляют веса первого и второго слоя нейронной сети соответственно.

В процессе обучения нейронная сеть предсказывает для текущей пары первый её элемент на основе второго. При этом из `word2vec` был заимствован подход *negative sampling* для ускорения обучения:

$$\log P(\omega_i | c_i) = \log \sigma(v(\omega_i)v(c_i)) + \sum_{l=1}^s \log \sigma(-v(\omega_{neg_l})v(c_i)).$$

Обучающий корпус пар может быть построен на основе корпуса зависимостей при помощи скрипта на языке Python 2, входящего в инструмент `word2vecf`.

## 4 Практическая часть

## 5 Заключение

## Список литературы

- [1] *Levy O., Goldberg Y.* Dependency-based word embeddings. — 2014.
- [2] Efficient estimation of word representations in vector space / T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, J. Dean. — 2013.
- [3] A neural probabilistic language model / Y. Bengio, R. Ducharme, P. Vincent, C. Jauvin. — 2003.
- [4] Distributed representations of words and phrases and their compositionality / T. Mikolov, I. Sutskever, K. Chen et al. — 2013.
- [5] *Levy O., Goldberg Y.* word2vec explained: Deriving Mikolov et al.'s negative-sampling word-embedding method. — 2014.
- [6] *Mikolov T., tau Yih W., Zweig G.* Linguistic regularities in continuous space word representations. — 2013.
- [7] *Buchholz S., Marsi E.* CoNLL-X shared task on multilingual dependency parsing. — 2006.