



Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Евгений Борисов

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Уровни сложности при автоматической обработке текстов

Прагматика (Дискурс) - смысловые контексты

Семантика - смыслы последовательностей слов

Синтаксис - правила формирования последовательностей слов

Лексика - отдельные слова и устойчивые словосочетания

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Семантика

- лексическая, отдельные слова
- композиционная, комбинации слов

задачи

- разрешение многозначности
- оценка семантической близости

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Неоднозначности в языке

омонимия - случайное совпадение слов

ключ, лук, замок, печь

полисемия - несколько связанных значений

СТОЛ <организация или объект> ,

платформа <политическая или железнодорожная>

метонимия - замена смысла

Целых три тарелки съел.

Отношения между словами

синонимия - общий смысл

машина, автомобиль

антонимия - противоположность

большой / маленький, вверх / вниз

гипонимия - обобщение

яблоко / фрукт, овчарка / собака

партономия - часть, вхождение

колесо / автомобиль, житель / город

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Тезаурус — словарь со связями

<http://serelex.cental.be>

https://nlpub.ru/Russian_Distributional_Thesaurus



Поиск семантически связанных слов

Искать

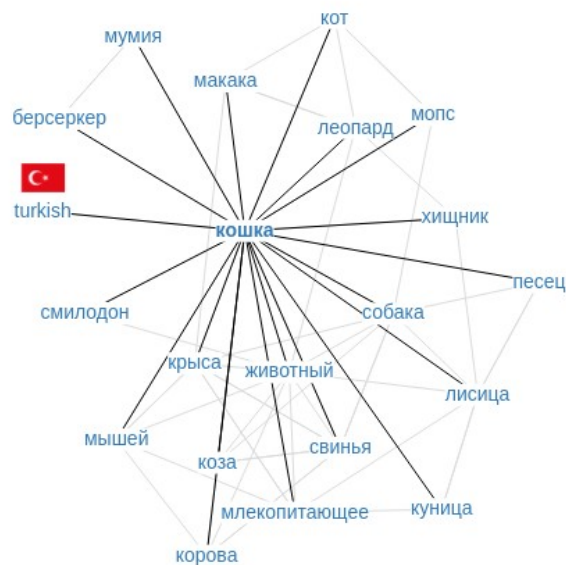


Например, империя

Количество результатов: 84

- 1 животный
- 2 собака
- 3 крыса
- 4 макака
- 5 свинья
- 6 леопард
- 7 хищник
- 8 смилодон
- 9 мопс
- 10 мышей
- 11 млекопитающее
- 12 лисица
- 13 коза
- 14 куница
- 15 мумия
- 16 песец
- 17 кот
- 18 turkish
- 19 корова
- 20 берсеркер

Следующие 20 результатов



Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

WordNet

- База лексических отношений
 - содержит иерархии
 - сочетает в себе тезаурус и словарь
 - доступен on-line
 - разрабатываются версии для языков кроме английского (в т.ч. для русского)

Категория	Уникальных форм
Существительные	117,097
Глаголы	11,488
Прилагательные	22,141
Наречия	4,601

- <http://http://wordnet.princeton.edu/>
- <http://wordnet.ru/>

Иерархии WordNet

```
Sense 3
bass, basso --
(an adult male singer with the lowest voice)
=> singer, vocalist, vocalizer, vocaliser
    => musician, instrumentalist, player
        => performer, performing artist
            => entertainer
                => person, individual, someone...
                    => organism, being
                        => living thing, animate thing,
                            => whole, unit
                                => object, physical object
                                    => physical entity
                                        => entity
                                            => causal agent, cause, causal agency
                                                => physical entity
                                                    => entity
```

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Разрешение лексической многозначности (РЛМ) Word sense disambiguation (WDS)

- выбрать одно из нескольких значений слова по его контексту
- можно свести к задаче классификации (ML)

Разграничение значений слова Word sense discrimination

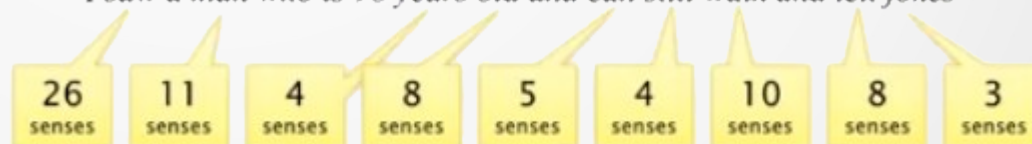
- по нескольким контекстам определить возможные значения слова
- можно свести к задаче кластеризации (ML)

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Необходимо убирать неоднозначность

- озвучка текста
- информационный поиск
- автоматический перевод
- диалоговые системы

I saw a man who is 98 years old and can still walk and tell jokes



43,929,600
senses

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Разрешение лексической многозначности (РЛМ)

алгоритм Леска (1986) - РЛМ по словарю

берём все варианты определений искомого слова и слов его контекста

из всех вариантов [слово-значение] выбираем то, которое имеет наибольшее пересечение с определениями контекста

Пример: pine cone (сосновая шишка)

- *pine*
 1. a kind of **evergreen tree** with needle-shaped leaves
 2. to waste away through sorrow or illness
- *cone*
 1. A solid body which narrows to a point
 2. Something of this shape, whether solid or hollow
 3. Fruit of certain **evergreen trees**

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Разрешение лексической многозначности (РЛМ)

классификатор контекста

каждого слова строим отдельный классификатор

признаки – слова контекста, их позиция и морфология

[контекст] → номер значения для слова в тезаурусе

проблема: слов очень много, есть редко употребляемые слова

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Разрешение лексической многозначности (РЛМ)

оценка близости слова и контекста

заменяем задачу классификации каждого слова
на задачу оценки близости слова и контекста

[<контекст>, слово] → оценка близости

оценка качества реализации метода
производится по заранее размеченным данным

SENSEVAL – соревнование систем РЛМ

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Семантическая близость (similarity)

- автомобиль / мотоцикл

Семантическая связность (relatedness)

- автомобиль / бензин

будем употреблять термин «близость» для всех случаев

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Оценка семантической близости

- использование тезауруса
- статистические модели (PMI)
- модели Word Embeddings

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Оценка семантической близости по тезаурусу

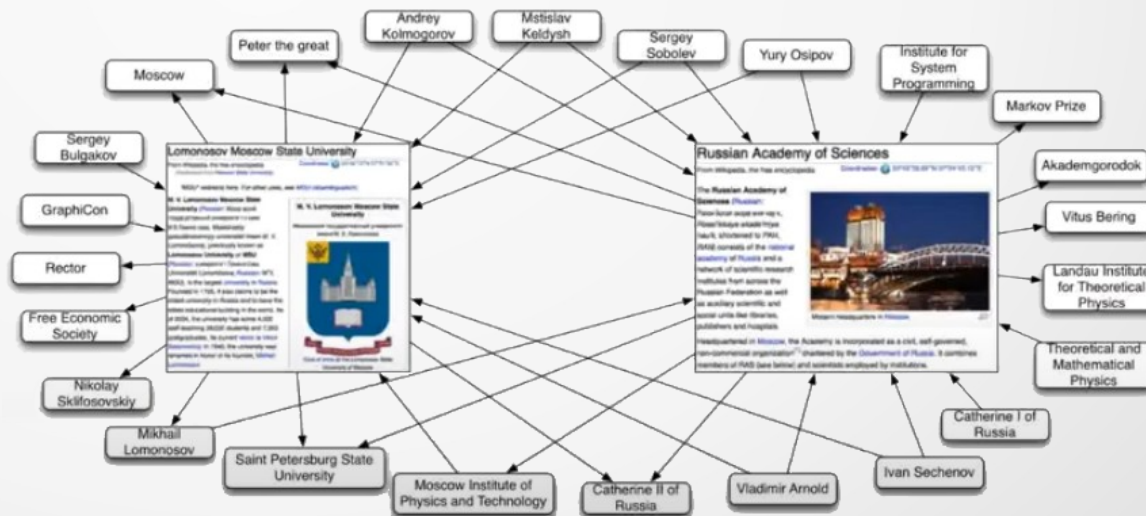
оцениваем расстояние по иерархии

метод Резника (1995)

метод Лина (1998)

Использование Википедии

- Нормализованное количество общих соседей



- Близкие концепты чаще встречаются вместе

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Статистическая оценка семантической близости

Pointwise Mutual Information (PMI)

оценка совместного использования слов u v

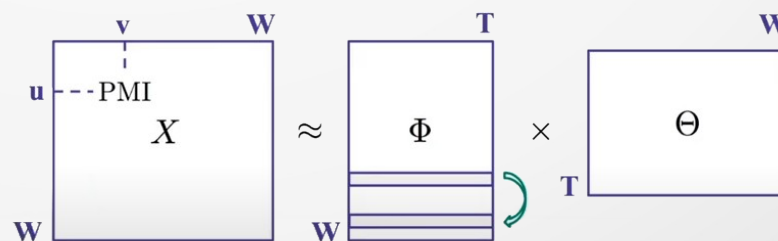
$$PMI(u, v) = \log \left(\frac{p(u, v)}{p(v)p(u)} \right)$$

$p(u, v)$ – частота использования словосочетания

$p(u)$ и $p(v)$ - частота использования слов

	arts	boil	data	function	large	sugar	summarized	water
apricot	0	1	0	0	1	1	0	1
pineapple	0	1	0	0	1	1	0	1
digital	0	0	1	1	1	0	1	0
information	0	0	1	1	1	0	1	0

квадратная матрица контекстов



применим матричное разложение к квадратной матрице PMI
для кодирования слов используем матрицу Φ

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Оценка семантической близости в семантических пространствах

Word Embeddings - кодирование слова по контексту

Word2Vec - совместно употребляемые в тексте слова
отображаются в близкие точки пространства

$$w2v[\text{king}] - w2v[\text{man}] + w2v[\text{woman}] \approx w2v[\text{queen}]$$

Gensim – реализация на Python

построим ML-модель и обучим её кодировать слова по контексту

Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

подготовка данных Word2Vec – учитываем контекст слов.

- из текста T собираем словарь W
- для каждого слова w собираем контекст (окрестность)
т.е. слова удалённые от w не более чем на s позиций в T
- выполняем унитарное кодирование(one-hot encoding) W

$P_i:$
0 0 1 0 0

$Q_i:$
0 1 0 0 0
0 0 0 0 1
0 0 0 1 0
1 0 0 0 0
0 0 0 1 0

NLP word2vec

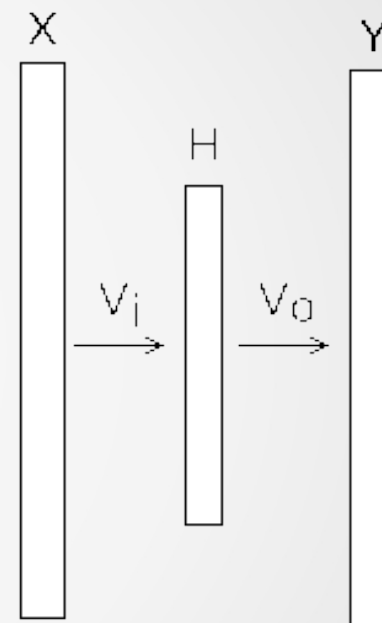
нейросеть Word2Vec

размер входного слоя X = размеру словаря W
= размеру выходного слоя Y

скрытый слой H - линейная активация

выходной слой Y - активация softmax

$$Y = \text{softmax}((X \cdot V_i) \cdot V_o)$$



конечный результат - матрица
внутренних представлений V_i

NLP word2vec

обучение сети word2vec

метод градиентного спуска

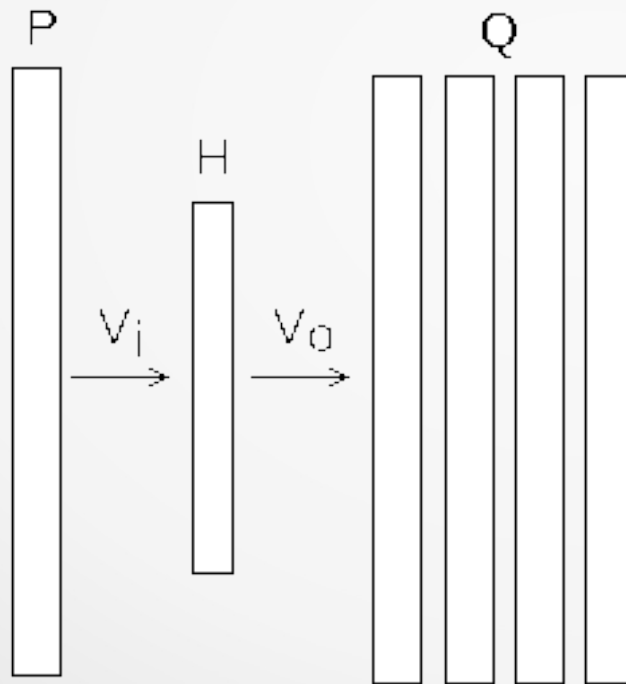
одна из двух стратегии

- Skip-Gram - по слову восстанавливаем контекст.
- CBOW(Continuous Bag of Words) по контексту восстанавливаем слово

NLP word2vec

обучение сети word2vec

- Skip-Gram - по слову восстанавливаем контекст.



NLP word2vec

обучение сети word2vec - Skip-Gram - по слову восстанавливаем контекст.

1. на вход сети подаётся код слова P ,
вычисляем состояние скрытого слоя H
вычисляем выход сети O

2. вычисляем значение функции потерь

если значение потерь увеличилось
то конец работы

3. для каждого слова контекста Q_j и входа P :

вычисляем ошибку D на выходе сети O
и изменение весов сети $\Delta V_o, \Delta V_i$

$$\begin{aligned} D &= O - Q_j \\ \Delta V_{oj} &= H^T \cdot D \\ \Delta V_{ij} &= D^T \cdot P \cdot V_o^T \end{aligned}$$

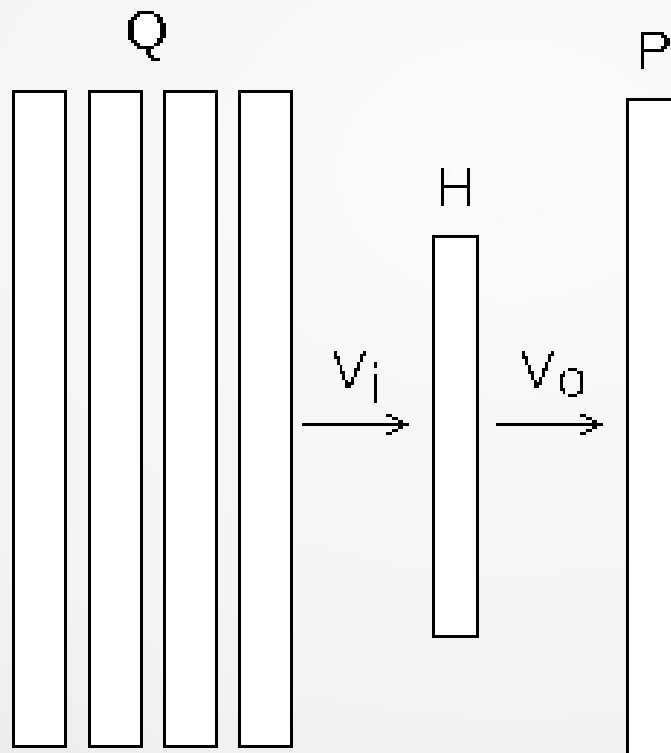
4. вычисляем суммарное изменение
весов сети $\Delta V_o, \Delta V_i$
корректируем веса
и повторяем цикл для другого слова P

$$\begin{aligned} \Delta V_o &= \sum_j \Delta V_{oj} \\ \Delta V_i &= \sum_j \Delta V_{ij} \end{aligned}$$

NLP word2vec

обучение сети word2vec

- CBOW(Continuous Bag of Words) по контексту восстанавливаем слово



NLP word2vec

обучение сети word2vec - CBOW, по контексту восстанавливаем слово

1. на вход сети подаётся усреднённое значение контекста Q ,
вычисляем состояние скрытого слоя H
вычисляем выход сети O

$$H = \frac{1}{c} \sum_{j=1}^c Q_j \cdot V_i$$

$$U = H \cdot V_o$$
$$O = \text{softmax}(U)$$

2. вычисляем значение функции потерь

если значение потерь увеличилось
то конец работы

$$E_i = \left| \log \sum \exp(U_i) - \sum (U_i * P_i) \right|$$

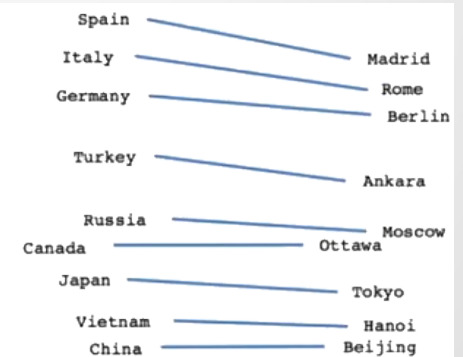
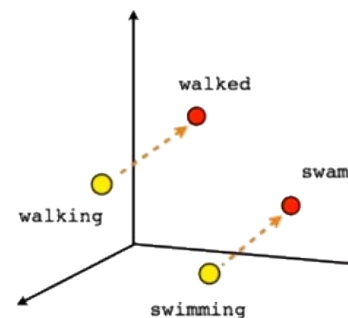
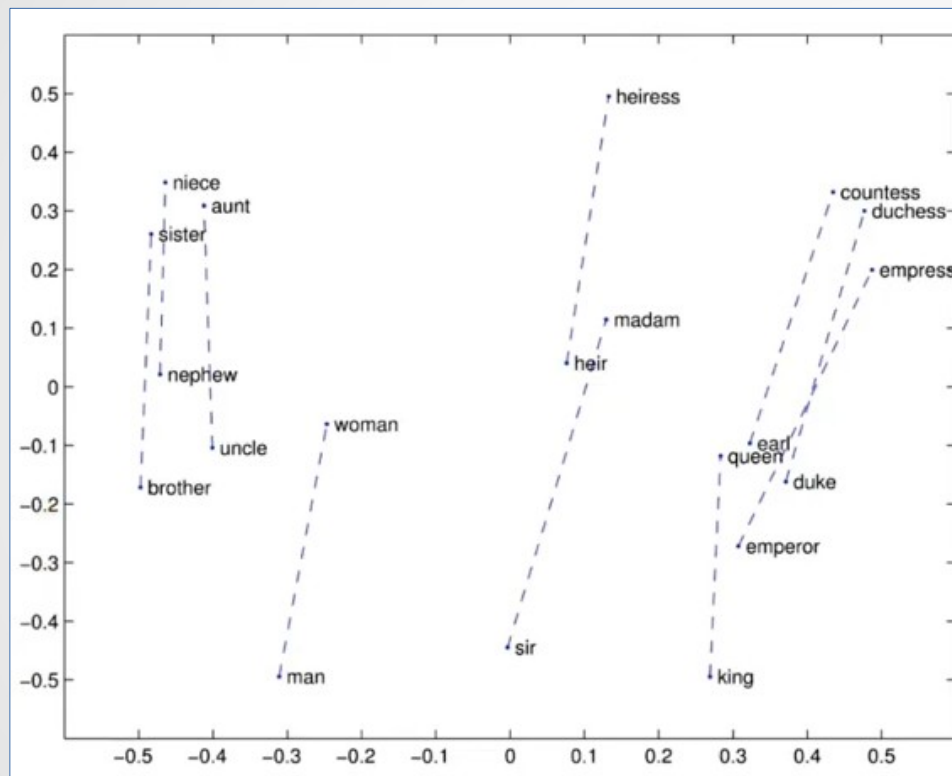
3. для каждого слова контекста Q_j и кода слова P ,
вычисляем ошибку D на выходе сети O
и изменение весов сети ΔV_o , ΔV_i .

$$D = O - P$$
$$\Delta V_o = H^T \cdot D$$
$$\Delta V_i = \sum_j D^T \cdot Q_j \cdot V_o^T$$

4. корректируем веса
и повторяем цикл для другого слова P

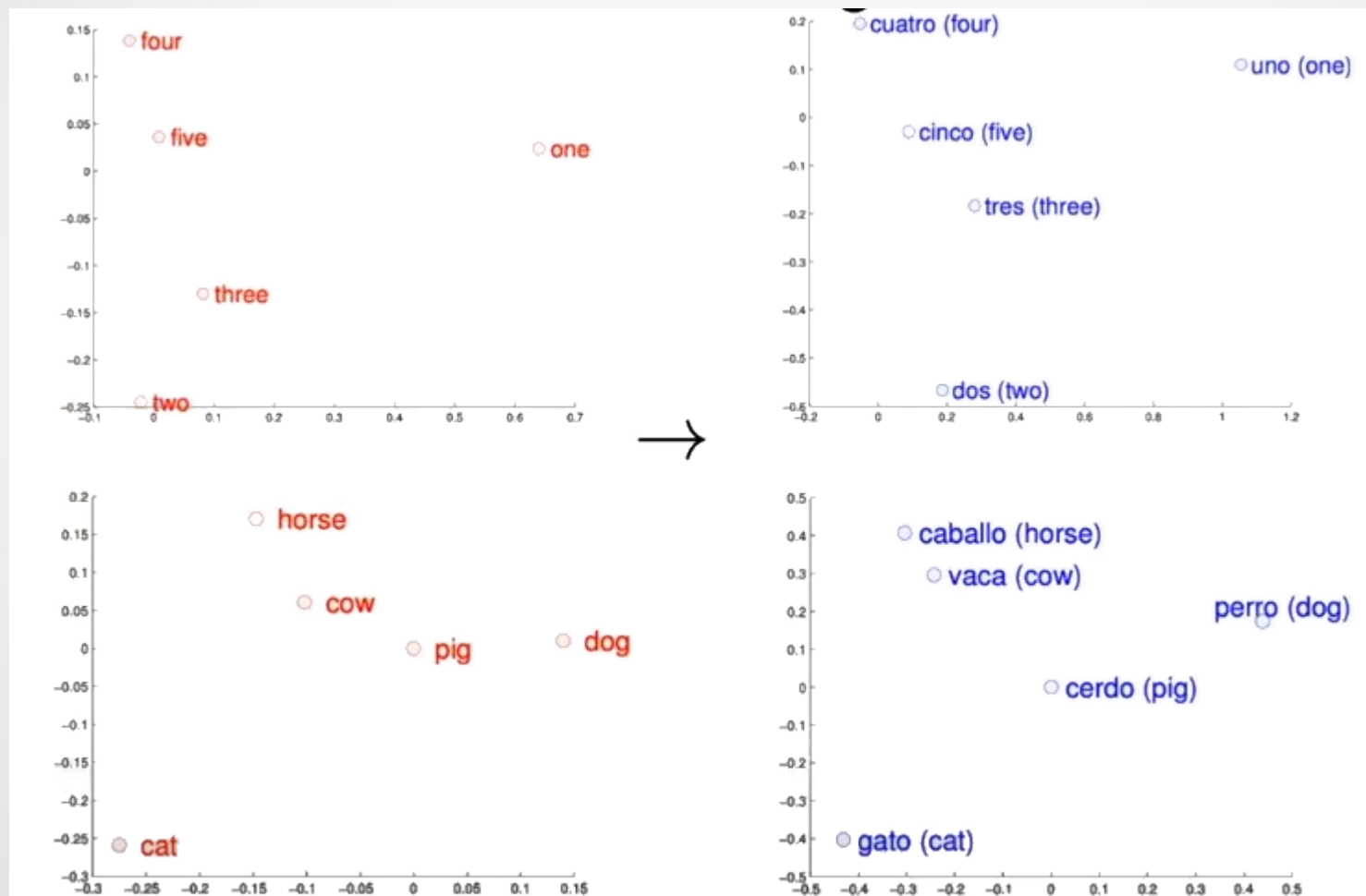
Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

близкие по контексту слова отображаются в близкие точки w_2v



Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

взаимное расположение w2v в разных языках схожи

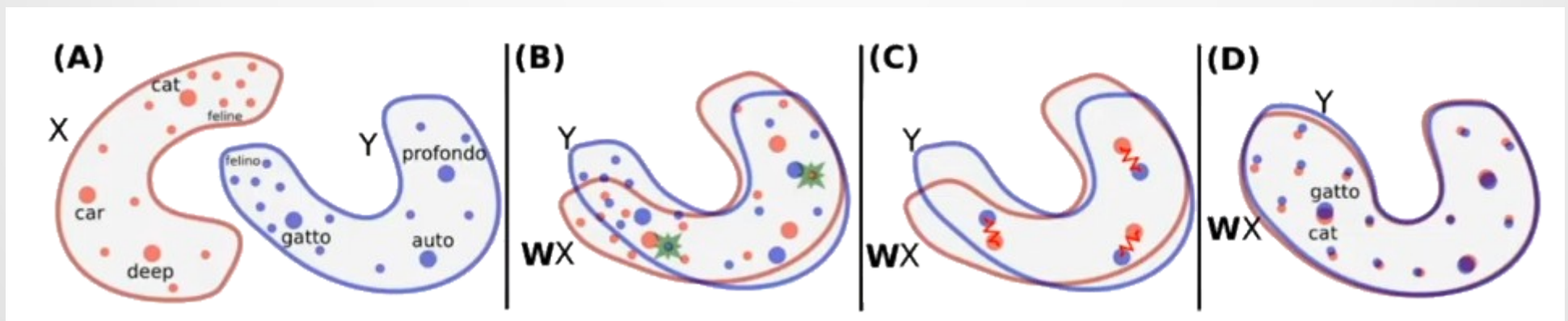


Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

взаимное расположения w_2v в разных языках схожи

зная перевод некоторых слов и на основе этого построив отображение из w_2v пространства одного языка в другое,

мы получаем перевод всех остальных слов на основе контекста



Семантическая близость и разрешение неоднозначностей

Литература

Борисов Е.С. Методы машинного обучения. 2024

https://github.com/mechanoid5/ml_lectorium_2024_I

Борисов Е.С. Методы обработки текстов на естественном языке. 2024

https://github.com/mechanoid5/ml_nlp_2024_I

Турдаков Д.Ю. Основы обработки текстов. 9 Лексическая семантика. ИСП РАН, 2017

<https://www.youtube.com/watch?v=IaIgSdJD5nE>

Tomas Mikolov, Ilya Sutskever, Kai Chen, Greg Corrado, Jeffrey Dean
Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality

Радослав Нейчев Прикладное машинное обучение 1. Intro to NLP. Word embeddings -
Лекторий ФПМИ

https://www.youtube.com/watch?v=aZ5se_SW81c

Евгений Борисов 0 методе кодирования слов word2vec.

<http://mechanoid.su/ml-w2v.html>

Kuzma Khrabrov Применение сиамских нейросетей в поиске.

<https://habr.com/ru/company/mailru/blog/468075/>