Основы обработки текстов

Лекция 8

Лексическая семантика

Возможные взгляды на семантику

- Лексическая семантика
  - –значение индивидуальных слов
- Композиционная семантика
  - –как значения комбинируются и определяют новые значения для словосочетаний
- Дискурс или прагматика
  - –как значения комбинируются между собой и другими знаниями, чтобы задать значение текста или дискурс

План

- Основные понятия
  - слова и отношения между ними
  - словари и тезаурусы
- Вычислительная семантика
  - Разрешение лексической многозначности
  - Семантическая близость слов
  - Некоторые современные направления

Основные понятия

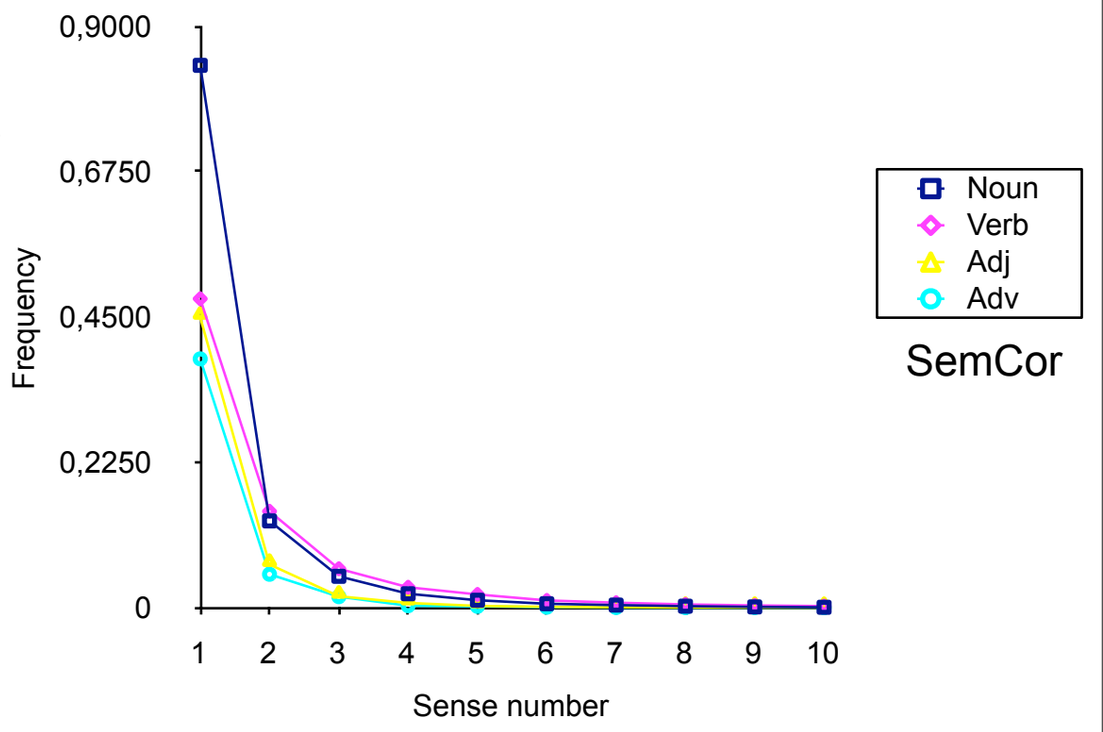
- Значение слова и многозначность
- Омонимия VS многозначность
  - –ключ
  - –платформа
- Метонимия
  - – Я три *тарелки* съел
- Зевгма
  - –За окном шел снег и рота красноармейцев
- Типы омонимов
  - –омофоны (луг-лук, плод-плот)
  - –омографы (м’ука - мук’а, гв’оздик-гвозд’ик)

Отношения между словами

- Синонимия
  - Машина / автомобиль
- Антонимия
  - большой / маленький, вверх / вниз, ложь / истина
- Обобщение и детализация (hyponym and hypernym/superordinate)
  - машина - транспорнтое средство
  - яблоко - фрукт
- Меронимы (партонимы) и холонимы
  - колесо - машина

Многозначность на практике

- Text-to-Speech
  - омографы
- Информационный поиск
- Извлечение информации
- Машинный перевод
- Эмоциональная окраска
- Закон Ципфа (Zipf law)



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/

Формат WordNet

The noun "bass" has 8 senses in WordNet.

1. bass[1] - (the lowest part of the musical range)
2. bass[2], bass part[1] - (the lowest part in polyphonic music)
3. bass[3], basso[1] - (an adult male singer with the lowest voice)
4. sea bass[1], bass[4] - (the lean flesh of a saltwater fish of the family Serranidae)
5. freshwater bass[1], bass[5] - (any of various North American freshwater fish with lean flesh (especially of the genus Micropterus))
6. bass[6], bass voice[1], basso[2] - (the lowest adult male singing voice)
7. bass[7] - (the member with the lowest range of a family of musical instruments)
8. bass[8] - (nontechnical name for any of numerous edible marine and freshwater spiny-finned fishes)

The adjective "bass" has 1 sense in WordNet.

1. bass[1], deep[6] - (having or denoting a low vocal or instrumental range)
   "a deep voice"; "a bass voice is lower than a baritone voice"; "a bass clarinet"

WordNet: отношения между словами

Relation	Also called	Definition	Example
Hypernym	Superordinate	From concepts to superordinates	$breakfast^1 \rightarrow meal^1$
Hyponym	Subordinate	From concepts to subtypes	$meal^1 \rightarrow lunch^1$
Member Meronym	Has-Member	From groups to their members	$faculty^2 \rightarrow professor^1$
Has-Instance		From concepts to instances of the concept	$composer^1 \rightarrow Bach^1$
Instance		From instances to their concepts	$Austen^1 \rightarrow author^1$
Member Holonym	Member-Of	From members to their groups	$copilot^1 \rightarrow crew^1$
Part Meronym	Has-Part	From wholes to parts	$table^2 \rightarrow leg^3$
Part Holonym	Part-Of	From parts to wholes	$course^7 \rightarrow meal^1$
Antonym		Opposites	$leader^1 \rightarrow follower^1$

Relation	Definition	Example
Hypernym	From events to superordinate events	$fly^9 \rightarrow travel^5$
Troponym	From a verb (event) to a specific manner elaboration of that verb	$walk^1 \rightarrow stroll^1$
Entails	From verbs (events) to the verbs (events) they entail	$snore^1 \rightarrow sleep^1$
Antonym	Opposites	$increase^1 \Longleftrightarrow decrease^1$

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

Sense 7
bass --
(the member with the lowest range of a family of
musical instruments)
=> musical instrument, instrument
   => device
      => instrumentality, instrumentation
         => artifact, artefact
            => whole, unit
               => object, physical object
                  => physical entity
                     => entity
```

Как “зачение” определяется в WordNet

- Множестно синонимов называется синсет
- Пример

```
from nltk.corpus import wordnet
for synset in wordnet.synsets('chick'):
    print synset.definition
    print [lemma.name for lemma in synset.lemmas]
```

```
young bird especially of domestic fowl
['chick', 'biddy']
informal terms for a (young) woman
['dame', 'doll', 'wench', 'skirt', 'chick', 'bird']
```

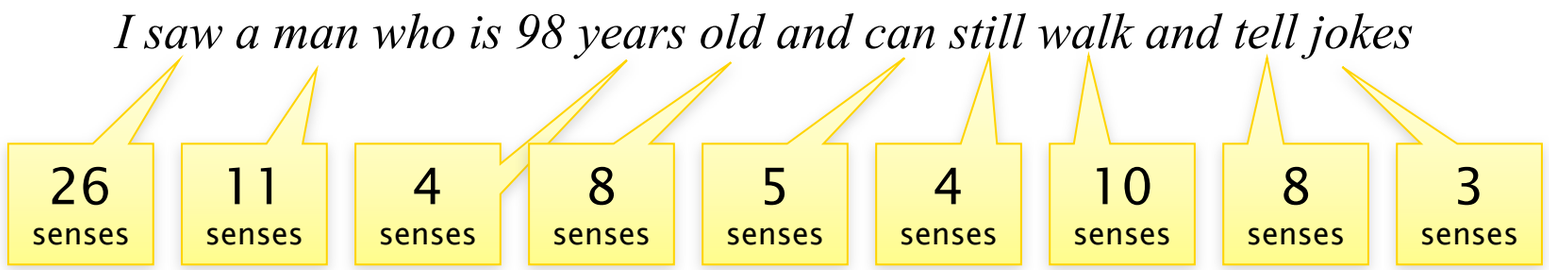
Вычислительная лексическая семантика

- Разрешение лексической многозначности
- Семантическая близость слов

Трудность разрешения лексической многозначности

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

Трудность разрешения лексической многозначности



Трудность разрешения лексической многозначности

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

26	11	4	8	5	4	10	8	3
senses	senses	senses	senses	senses	senses	senses	senses	senses

43,929,600
senses

Разрешение лексической многозначности (РЛМ)

- Word Sense Disambiguation (WSD)
  - определение значения слова в контексте
  - обычно предполагается фиксированный список значений (например WordNet)
- Сводится к задаче классификации
- Отличается от задачи разграничения значений (word sense discrimination)

РЛМ: варианты

- Определение значений только заранее выбранных слов (lexical sample task)
  - line - hard - serve; interest
  - Ранние работы
  - Обучение с учителем
- Определение значений всех слов (all-word task)
  - Проблема разреженности данных
  - Невозможно натренировать отдельный классификатор для каждого слова

Признаки

- Должны описывать контекст
- Предварительная обработка текста
  - параграфы, предложения, части речи, леммы, синтаксический разбор?
- Признаки в словосочетаниях с позициями
- Множества соседей

- Проблема разреженности языка
  - Использовать семантическую близость (далее)

Пример

An electric guitar and bass player stand off to one side, not really part of the scene, just as a sort of nod to gringo expectations perhaps.

Collocational features	
word_L3	electric
POS_L3	JJ
word_L2	guitar
POS_L2	NN
word_L1	and
POS_L1	CC
word_R1	player
POS_R1	NN
word_R2	stand
POS_R2	VB
word_R3	off
POS_R3	RB

Bag-of-words features	
fishing	0
big	0
sound	0
player	1
fly	0
rod	0
pound	0
double	0
runs	0
playing	0
guitar	1
band	0

Алгоритмы

- Любые методы классификации
  - (Пример) Наивный байесовский классификатор

Наивный байесовский классификатор

- Выбор наиболее вероятного значения

$$\hat{s} = \arg\max_{s \in S} P(s|f)$$

- По правилу Байеса

$$\hat{s} = \arg\max_{s \in S} \frac{P(s)P(f|s)}{P(f)} = \arg\max_{s \in S} P(s)P(f|s)$$

- Наивное предположение об условной независимости признаков

$$\hat{s} = \arg\max_{s \in S} P(s) \prod_{j=1}^{n} P(f_i|s)$$

Обучение наивного байесовского классификатора

- Метод максимального правдоподобия
- Другими словам, просто считаем

$$P(s_i) = \frac{count(s_i, w_j)}{count(w_j)} \qquad P(f_j \mid s) = \frac{count(f_j, s)}{count(s)}$$

- Алгоритм прост в реализации, но
  - Исчезновение значащих цифр → использовать сумму логарифмов вместо произведения
  - Нулевые вероятности → сглаживание

Вопрос на засыпку

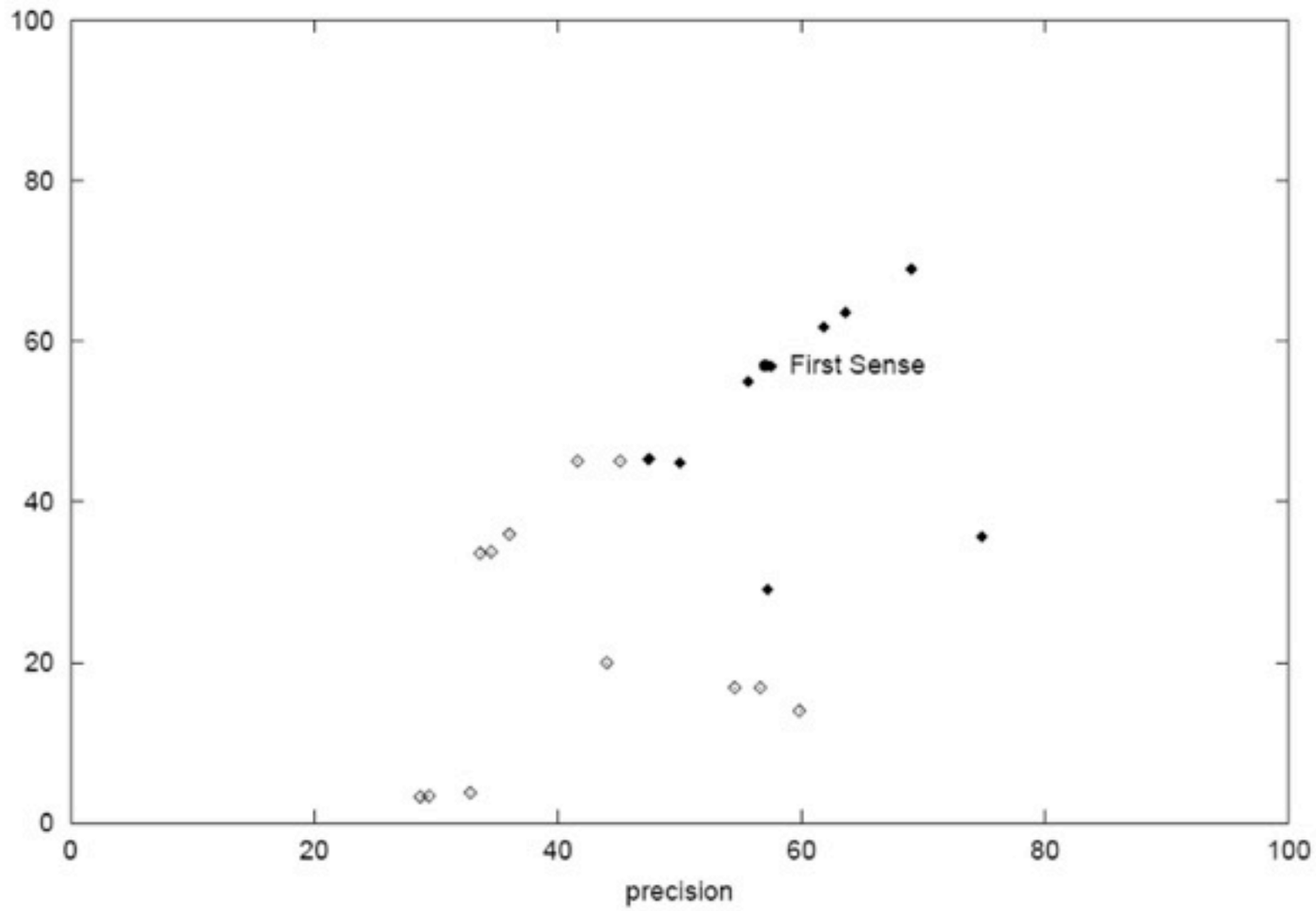
- Как сделать классификатор для задачи определения значений всех слов (all-word task)?

Методы оценки

- Внешние (in vivo)
  - Машинный перевод с/без РЛМ
- Внутренние (in vitro)
  - Применение к размеченным данным (SemCor, SENSEVAL, SEMEVAL)
  - Измерение точности и полноты в сравнении со стандартными значениями
- Нижняя граница
  - Выбор случайных значений работает плохо
  - Более сильные границы: наиболее частое значение, алгоритм Леска
- Верхняя граница: согласие экспертов
  - 75-80 для задачи определения значений всех слов со значениями из WordNet
  - до 90% с менее гранулированными значениями

Наиболее частое значение

- Сравнение методов на SENSEVAL-2



- McCarthy et. al. 2004 ACL - поиск наиболее частого значения по неразмеченному корпусу

Методы основанные на словорях и тезаурусах

- Алгоритм Леска (1986)
  - –Взять все определения целевого слова из словаря
  - –Сравнить с определениями слов в контексте
  - –Выбрать значение с максимальным пересечением
- Пример
  - *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
  - Определить значение: *pine cone*

Варианты алгоритма Леска

- Упрощенный (Simplified Lesk)
  - Взять все определения целевого слова из словаря
  - Сравнить со ~~определениями~~ словами в контексте
  - Выбрать значение с максимальным пересечением
- Корпусный (Corpus Lesk)
  - Включить предложения из размеченного корпуса в сигнатуру каждого значения
  - Взвесить слова через IDF
  - IDF(w) = -log P(w)
  - Показывает лучшие результаты
  - Использовался как нижняя граница на SENSEVAL

Самонастройка (Bootstrapping)

- Yarowsky (1995)
  - Начать с маленького множества данных, размеченного вручную
  - Натренировать список принятия решений
  - Применить классификатор к неразмеченным данным
  - Переместить примеры в которых мы уверены в тренировочное множество
  - Повторить!
- Требует хорошей метрики уверенности
  - логарифмическое отношение правдоподобия
- Эвристики для получения начальных данных
  - одно значение на словосочетание
  - одно значение на дискурс

Алгоритм Yarowsky

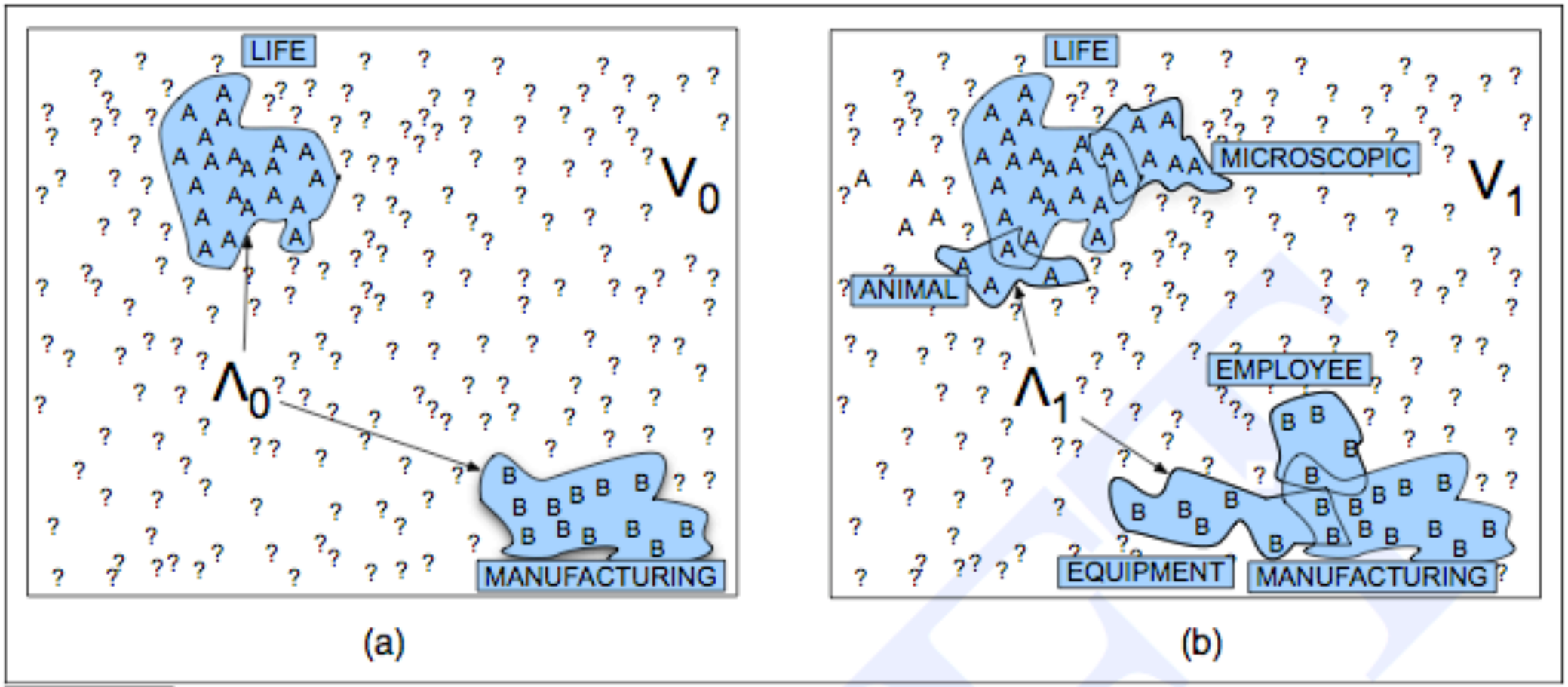


Figure 20.4 The Yarowsky algorithm disambiguating "plant" at two stages; "?" indicates an unlabeled observation, A and B are observations labeled as SENSE-A or SENSE-B. The initial stage (a) shows only seed sentences Λ_0 labeled by collocates ("life" and "manufacturing"). An intermediate stage is shown in (b) where more collocates have been discovered ("equipment", "microscopic", etc.) and more instances in V_0 have been moved into Λ_1, leaving a smaller unlabeled set V_1. Figure adapted from Yarowsky (1995).

Семантическая близость слов

- Подходы на основе тезаурусов
- Подходы на основе статистики

Мотивация

- Хороший признак для многих задач
- Позволяет бороться с разреженностью языка
- Имеет прикладное применение
  - поиск опечаток (с учетом семантики)
  - поиск плагиата
  - извлечение информации

Подход на основе тезаурусов

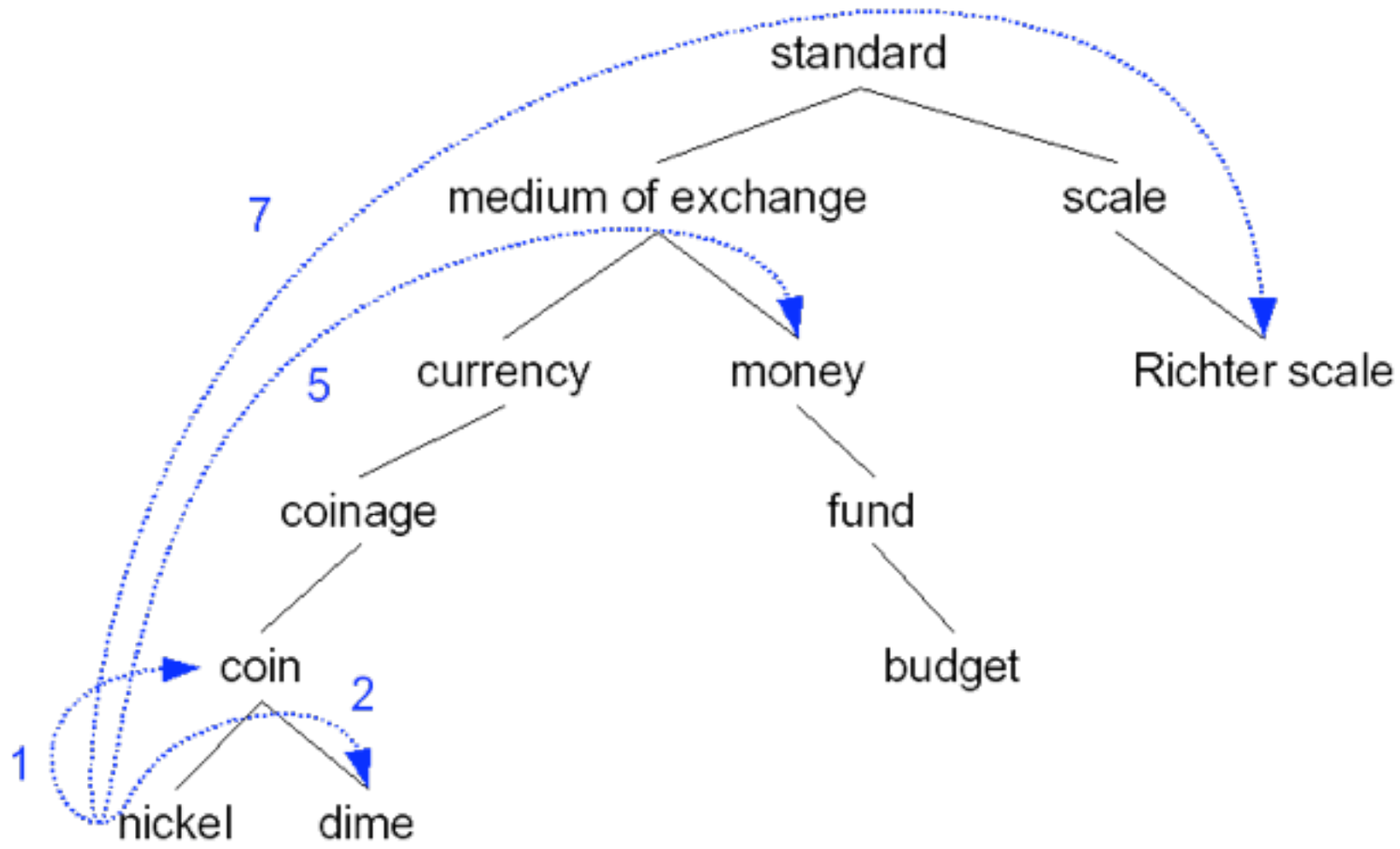
- Близость по пути
- Метод Резника
- Метод Лина
- Расширенный алгоритм Леска

Семантическая близость слов в тезаурусах

- Можно использовать любые отношения между словами
- На практике используется иерархическая структура и иногда описания значений
- Похожесть (similarity) VS связность (relatedness)
  - машина и топливо: не похожи но связаны
  - машина и велосипед: похожи

Близость по пути в иерархии

- Два понятия семантически близки, если они находятся рядом в иерархии



Близость между словами

- Только что мы посчитали близость между понятиями
- Перейдем ко словам

- simpath(c1,c2) = –log (pathlen(c1,c2))
- wordsim(w1,w2) = $\max_{c1 \in senses(w1), c2 \in senses(w2)}$ sim(c1,c2)

Другие методы

- Сначала немного определений...
  - Информационное содержимое
  - Наименьший общий предок

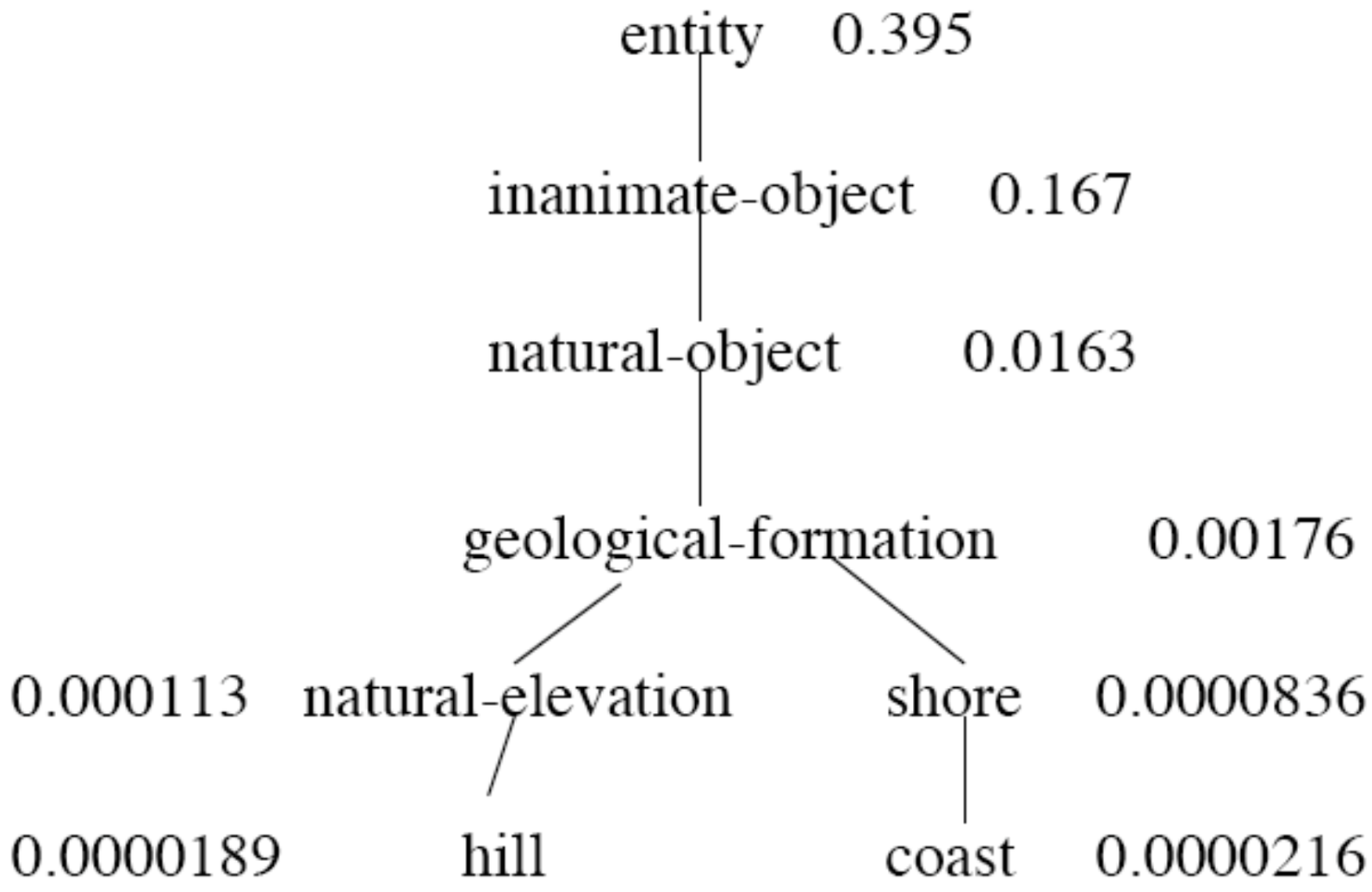
Информационное содержимое

- Information content
- Определим P(C) как:
  - Вероятность, что случайно выбранное слово в корпусе является экземпляром класса C
  - P(root)=1
  - Чем ниже узел в иерархии, тем ниже вероятность

$$P(c) = \frac{\sum_{w \in words(c)} count(w)}{N}$$

Информационное содержимое

- Расширяем иерархию WordNet вероятностями P(C)



Определения

- Информационное содержимое
  - IC(c)=-log(P(c))
- Наименьший общий предок
  - LCS (c1,c2)

Метод Резника

- Resnik (1995)
  - Чем больше общего между понятиями, тем более они похожи
  - $sim_{resnik}(c1,c2) = IC(LCS(c1,c2)) =$

$$= -\log P(LCS(c1,c2))$$

Метод Лина

- Dekang Lin (1998)
  - При вычислении близости также надо учитывать различие между понятиями
- Идея может быть выражена как

$$sim_{Lin}(c_1, c_2) = \frac{2 \times log(P(LCS(c_1, c_2)))}{log(P(c_1)) + log(P(c_2))}$$

$$sim_{Lin}(hill, coast) = \frac{2 \times log(P(geological\_information))}{log(P(hill)) + log(P(coast))} = 0.59$$

Расширенный алгоритм Леска

- Две концепции похожи, если их описания содержат похожие слова
  - Drawing paper: **paper** that is **specially prepared** for use in drafting
  - Decal: the art of transferring designs from **specially prepared paper** to a wood or glass or metal surface
- Каждому общему словосочетанию длины n назначить вес n^2
- paper + specially prepared: 1+4 = 5

Резюме: методы, основанные на тезаурусах

$$\text{sim}_{\text{path}}(c_1, c_2) = -\log \text{pathlen}(c_1, c_2)$$

$$\text{sim}_{\text{Resnik}}(c_1, c_2) = -\log P(\text{LCS}(c_1, c_2))$$

$$\text{sim}_{\text{Lin}}(c_1, c_2) = \frac{2 \times \log P(LCS(c_1, c_2))}{\log P(c_1) + \log P(c_2)}$$

$$\text{sim}_{\text{jc}}(c_1, c_2) = \frac{1}{2 \times \log P(\text{LCS}(c_1, c_2)) - (\log P(c_1) + \log P(c_2))}$$

$$\text{sim}_{\text{eLesk}}(c_1, c_2) = \sum_{r,q \in \text{RELS}} \text{overlap}(\text{gloss}(r(c_1)), \text{gloss}(q(c_2)))$$

Проблемы с подходом, основанном на тезаурусе

- Не доступен для многих языков
- Много слов пропущено
- Используются только обобщения и детализация
  - –Хорошо работает для имен существительных
  - –Для прилагательных и глаголов намного хуже
- Альтернатива
  - –статистические подходы

Статистический подход к оценки близости слов

- Firth (1957): “You shall know a word by the company it keeps!”
- Пример

Бутылка **tezgüino** стоит на столе

Все любят **tezgüino**

Tezgüino делает тебя пьяным

Мы делаем **tezgüino** из кукурузы

- Идея:
  - из контекста можно понять значение слова
  - надо взять контекст и посмотреть, какие еще слова имеют такой же контекст

Векторное представление контекста

- Для каждого слова из словаря определим бинарный признак, показывающий встречаемость вместе с целевым словом **w**
- $w=(f_1,f_2,f_3,\ldots,f_N)$
- w= tezgüino, v1=бутылка, v2=кукуруза, v3=матрица
- w = (1,1,0,...)

Идея

- Задать два слова через разреженный вектор признаков
- Применить метрику близости векторов
- Два слова близки, если векторы близки

	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

Статистический подход к оценки близости слов

- Необходимо определить 3 вещи:
  - совместная встречаемость
  - вес термина
  - близость между векторами

Совместная встречаемость

- Проблема разреженности векторов
- Идея решения: использовать только слова, входящие в синтаксические отношения

	subj-of, absorb	subj-of, adapt	subj-of, behave	…	pobj-of, inside	pobj-of, into	…	nmod-of, abnormality	nmod-of, anemia	nmod-of, architecture	…	obj-of, attack	obj-of, call	obj-of, come from	obj-of, decorate	…	nmod, bacteria	nmod, body	nmod, bone marrow	
cell	1	1	1		16	30		3	8	1		6	11	3	2		3	2	2	

Вес термина

- Manning and Schuetze (1999)

$$\text{assoc}_{\text{prob}}(w,f) = P(f|w)$$

$$\text{assoc}_{\text{PMI}}(w,f) = \log_2 \frac{P(w,f)}{P(w)P(f)}$$

$$\text{assoc}_{\text{Lin}}(w,f) = \log_2 \frac{P(w,f)}{P(w)P(r|w)P(w'|w)}$$

$$\text{assoc}_{\text{t-test}}(w,f) = \frac{P(w,f)-P(w)P(f)}{\sqrt{P(f)P(w)}}$$

Близость между векторами

$$\text{sim}_{\text{cosine}}(\vec{v},\vec{w}) = \frac{\vec{v}\cdot\vec{w}}{|\vec{v}||\vec{w}|} = \frac{\sum_{i=1}^{N} v_i \times w_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} v_i^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{N} w_i^2}}$$

$$\text{sim}_{\text{Jaccard}}(\vec{v},\vec{w}) = \frac{\sum_{i=1}^{N} \min(v_i,w_i)}{\sum_{i=1}^{N} \max(v_i,w_i)}$$

$$\text{sim}_{\text{Dice}}(\vec{v},\vec{w}) = \frac{2\times\sum_{i=1}^{N} \min(v_i,w_i)}{\sum_{i=1}^{N} (v_i+w_i)}$$

$$\text{sim}_{\text{JS}}(\vec{v}||\vec{w}) = D(\vec{v}|\frac{\vec{v}+\vec{w}}{2}) + D(\vec{w}|\frac{\vec{v}+\vec{w}}{2})$$

Оценка качества

- Внутренняя
  - –Коэффициент корреляции между
    - результатами алгоритма и
    - значениями, поставленными людьми
- Внешняя
  - –Встроить в приложение
    - Поиск опечаток
    - Поиск плагиата
    - Разрешение лексической многозначности

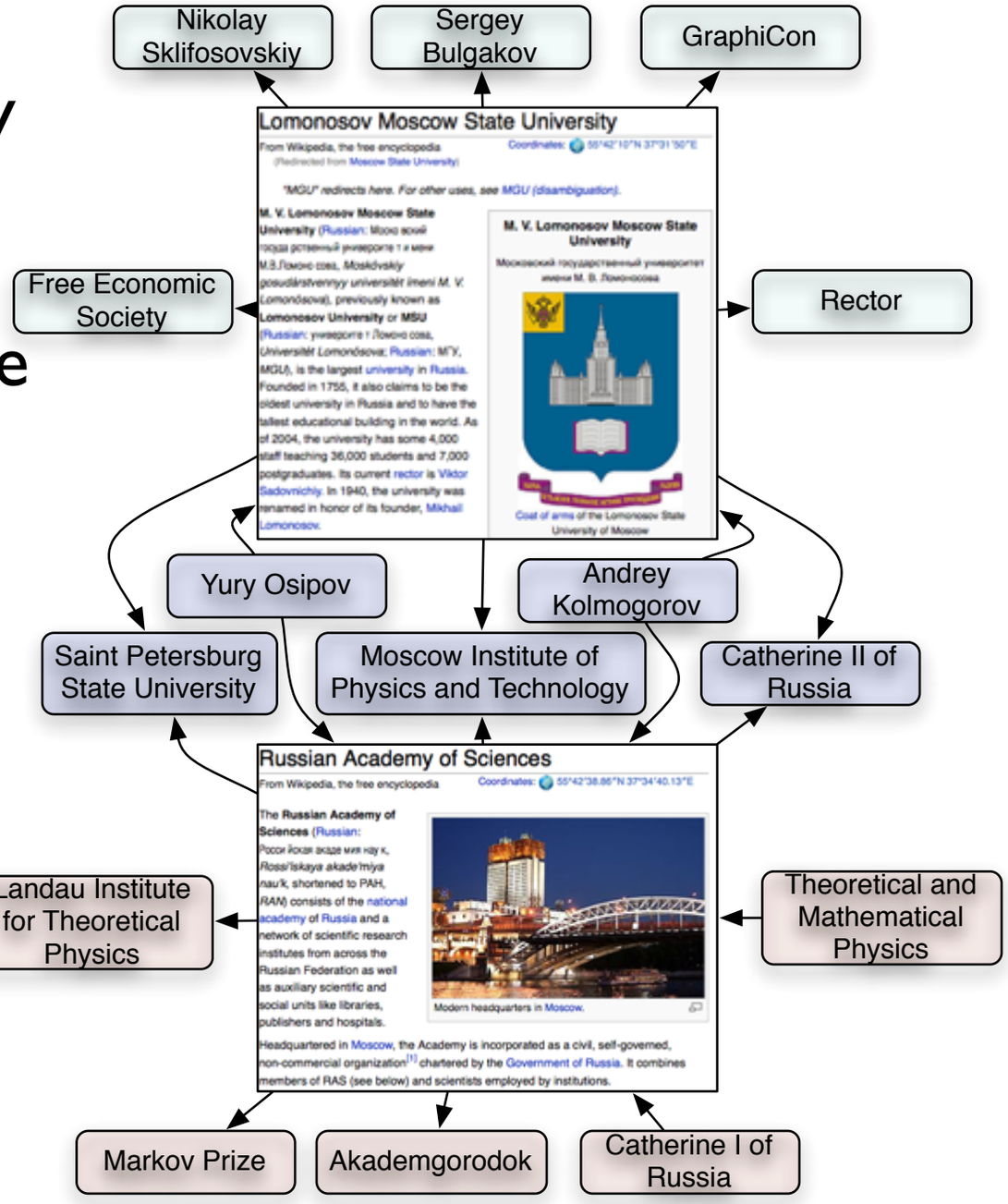
Современные направления

- Использование контента, созданного пользователями
  - Википедия и вики-энциклопедии
    - Mihalcea and Csomai 2007
    - Milne and Witten 2008
    - Texterra (ИСП РАН)

- Использование нейронных сетей для получения векторного представления слов
  - word2vec
  - http://code.google.com/p/word2vec/

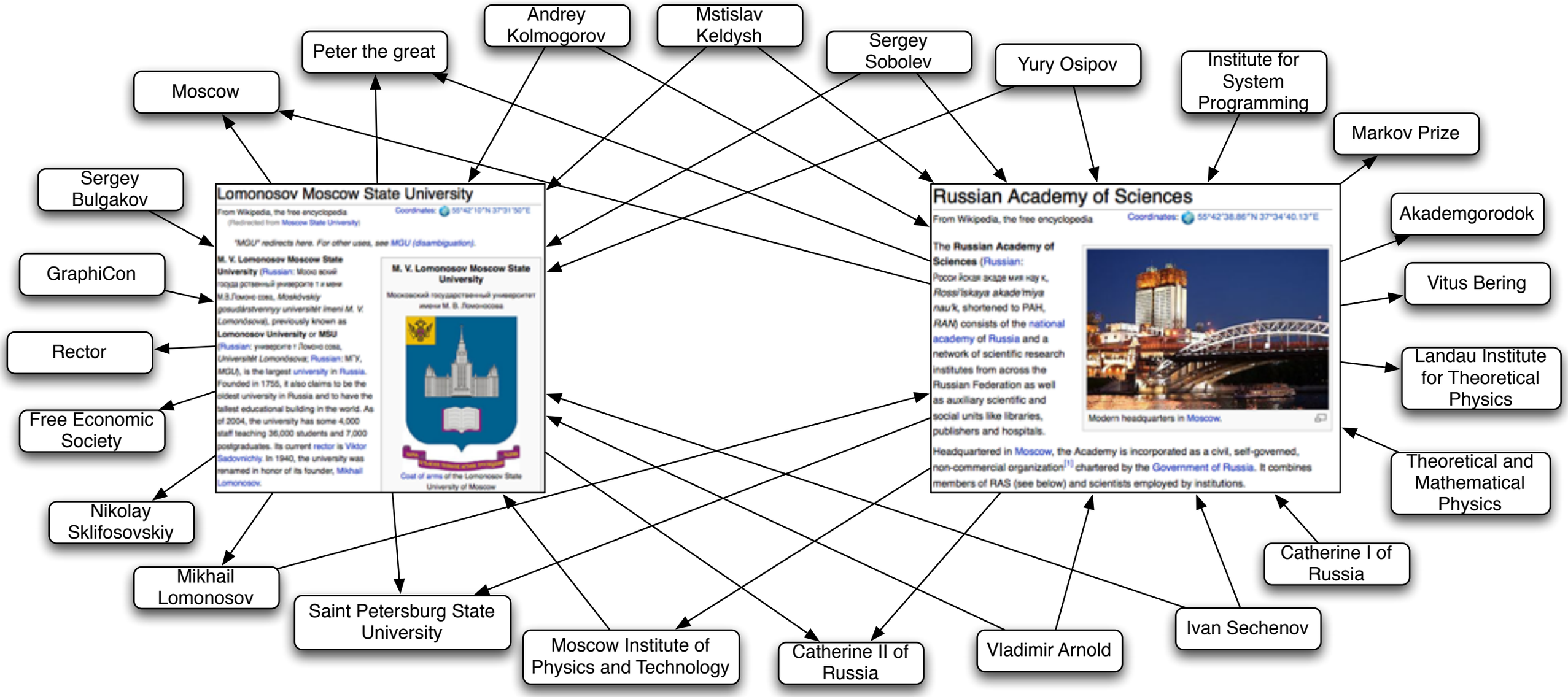
Википедия

- Каждая статья содержит:
  - В заголовке: термин (Russian Academy of Sciences)
  - В теле: описание значения термина
  - Гиперссылки на статьи, описывающие значения используемых терминов
- Специальные страницы:
  - списки значений многозначных терминов
  - синонимы
  - категории
  - и т. д.
- Сеть документов Википедии:
  - безмасштабная - $P(k) \sim k^{-\gamma}$
  - структурно отличается от семантических сетей и тезаурусов, созданных экспертами



Семантическая близость

- Нормализованное количество общих соседей

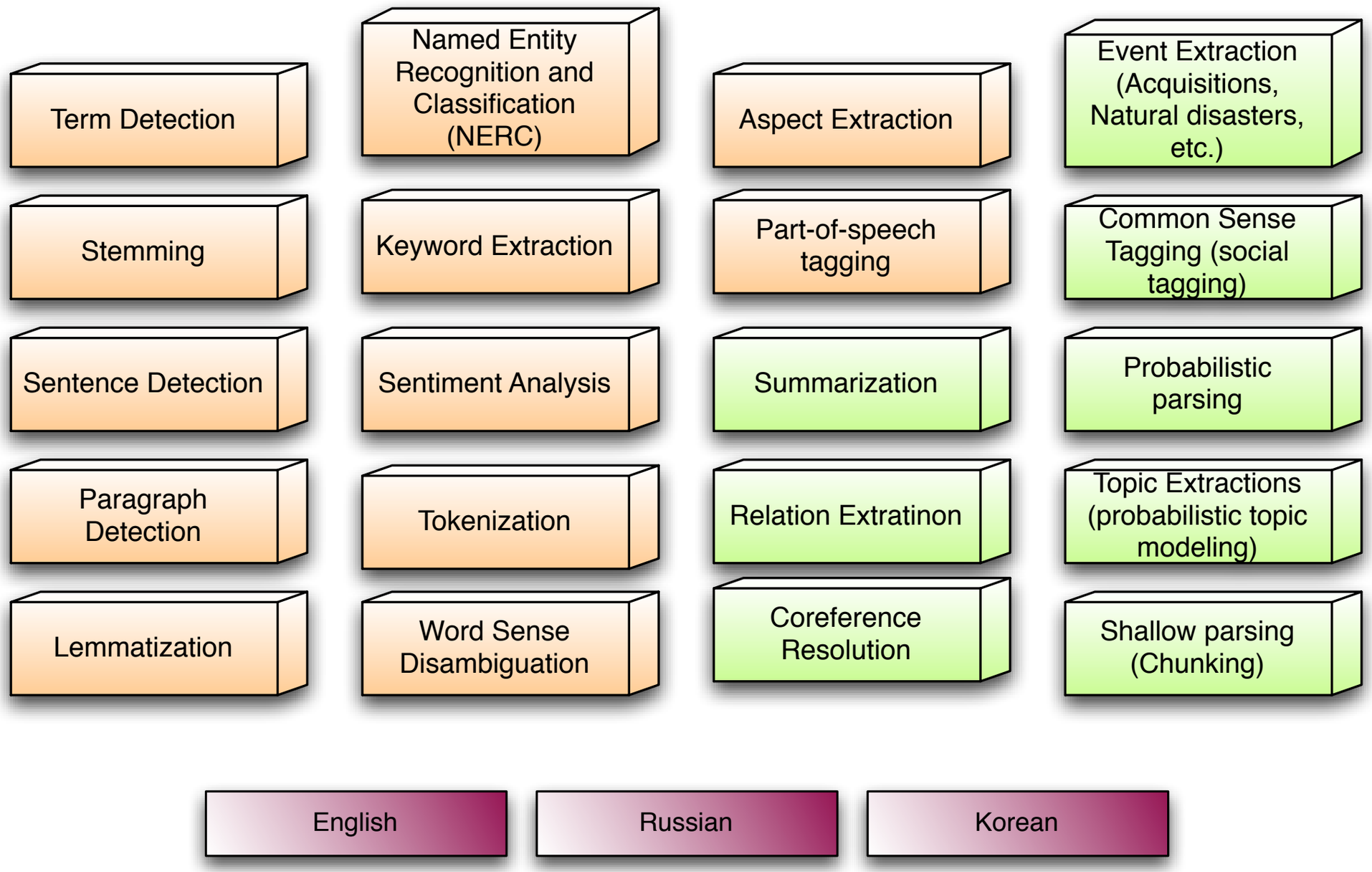


- Близкие концепции чаще встречаются вместе

Texterra

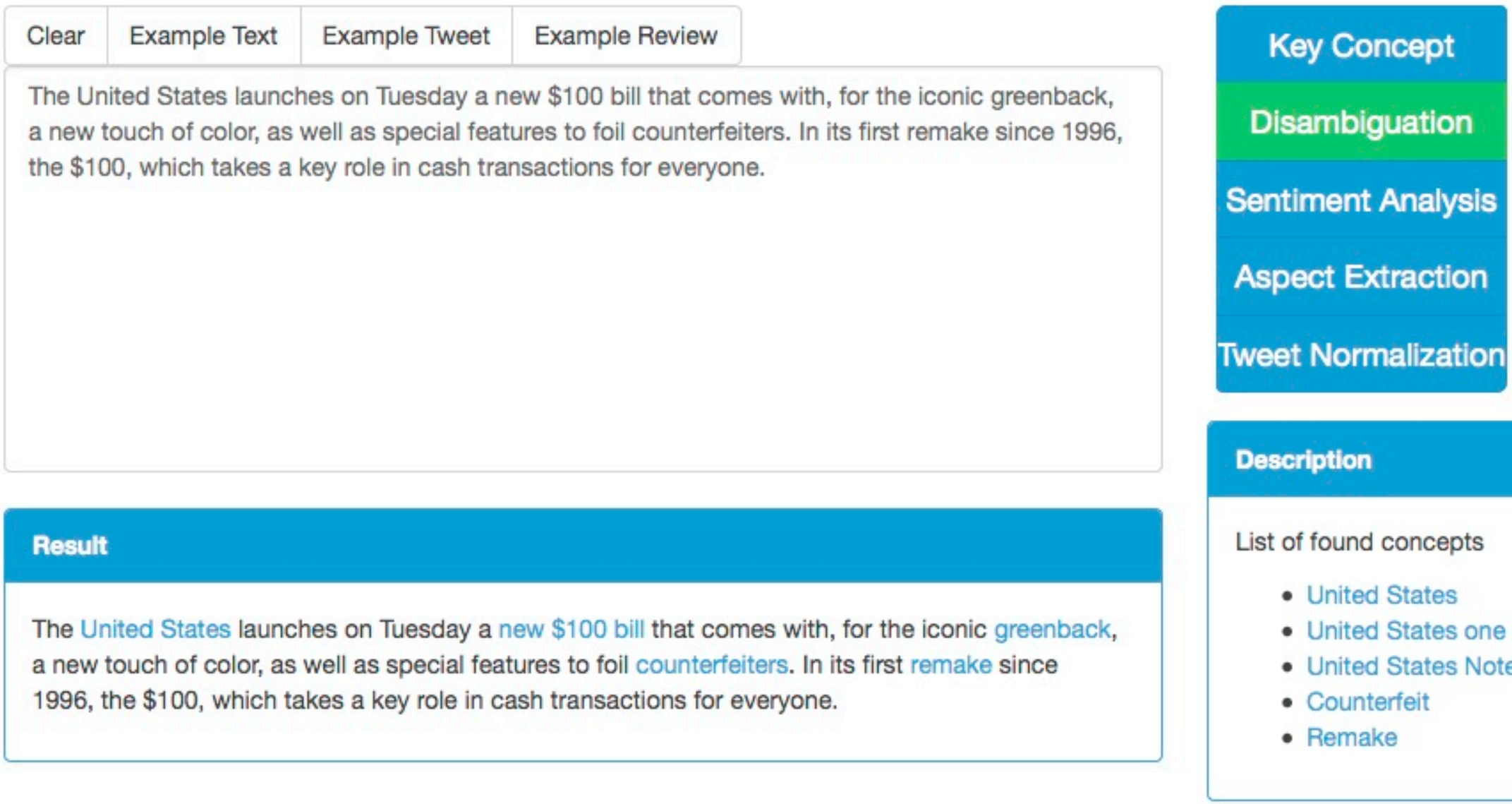
- Система для семантического анализа текстов, разработанная в ИСП РАН
- В качестве основного (одного из) источника знаний используется Википедия
- Поддерживает обработку нескольких языков

Texterra


Term Detection
Named Entity Recognition and Classification (NERC)
Aspect Extraction
Event Extraction (Acquisitions, Natural disasters, etc.)
Stemming
Keyword Extraction
Part-of-speech tagging
Common Sense Tagging (social tagging)
Sentence Detection
Sentiment Analysis
Summarization
Probabilistic parsing
Paragraph Detection
Tokenization
Relation Extratinon
Topic Extractions (probabilistic topic modeling)
Lemmatization
Word Sense Disambiguation
Coreference Resolution
Shallow parsing (Chunking)
English
Russian
Korean

Texterra REST API

- https://api.at.ispras.ru
- Alpha версия



Заключение

- **Лексическая семантика** изучает значения отдельных слов
- **WordNet** содержит различные отношения между словами, синсеты задают **значения** слов
- **Разрешение лексической многозначности** - задача определения значений слов
- **Семантическая близость** между словами - полезный инструмент для монгих приложений

Что не было рассказано

- Композиционная семантика
- Представление знаний
- Семантические поля и семантические роли
  - PropBank
  - FrameNet
- Задача разграничения значений
- Автоматическое извлечение отношений между словами
- ...

Следующая лекция

- Информационный поиск
- Вопросно-ответные системы
- Автоматическое реферирование