Вероятностные тематические модели
Лекция 10.
Визуализация и суммаризация

К. В. Воронцов
vokov@forecsys.ru

Этот курс доступен на странице вики-ресурса
http://www.MachineLearning.ru/wiki
«Вероятностные тематические модели (курс лекций, К.В.Воронцов)»

ВМК МГУ • 26 апреля 2018

Содержание

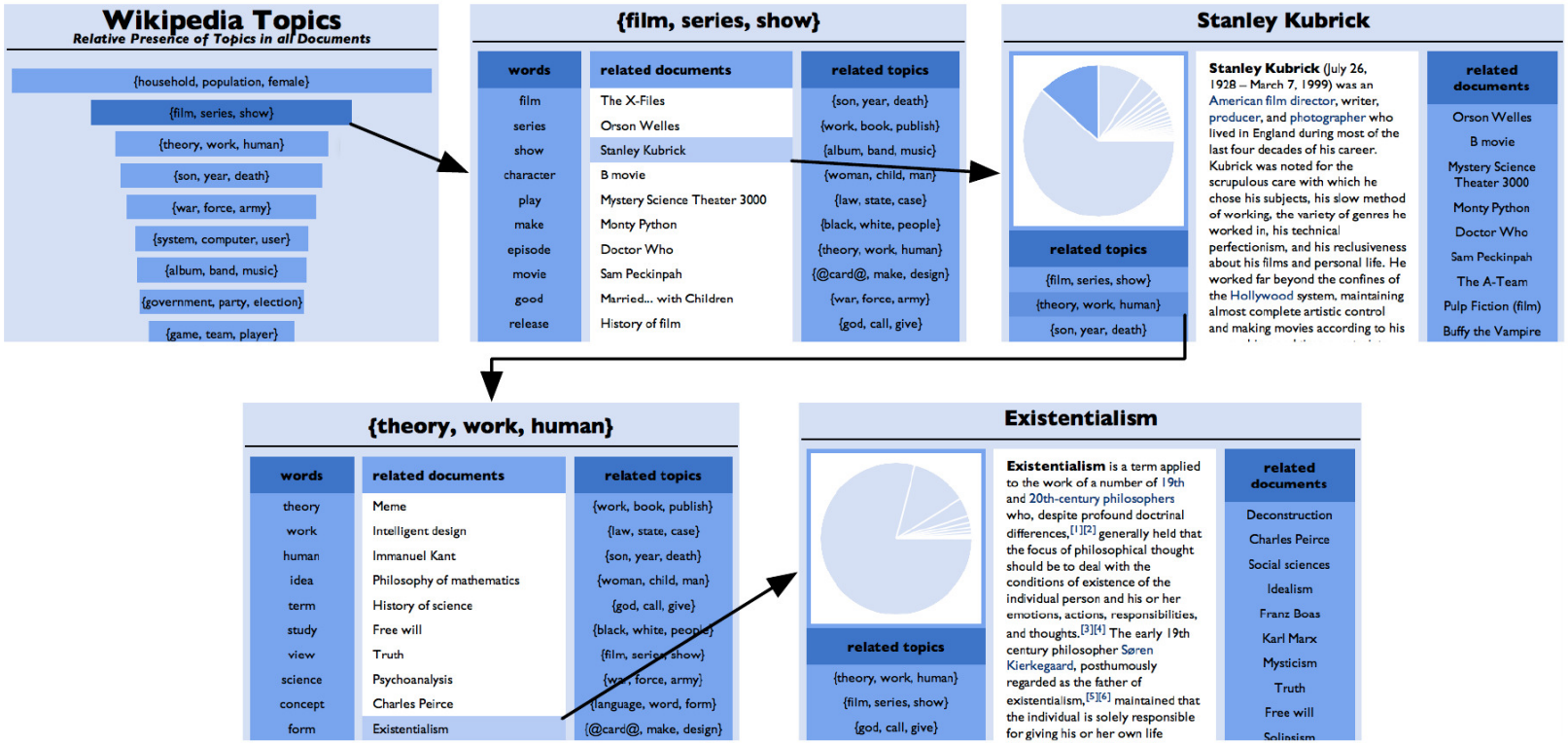
Что можно визуализировать

Одна из целей тематического моделирования — систематизация результатов информационного поиска.

- текстовое представление темы: название, топ-слова, топ-документы, аннотация, близкие темы
- масштабируемая тематическая карта коллекции
- иерархия тем
- граф связей между темами
- текст документа: темы слов, сегментация
- графическая тематическая сегментация документа
- динамика тем во времени: временные ряды, реки тем
- иерархия + динамика

Система TMVE — Topic Model Visualization Engine

Тематический навигатор с веб-интерфейсом:

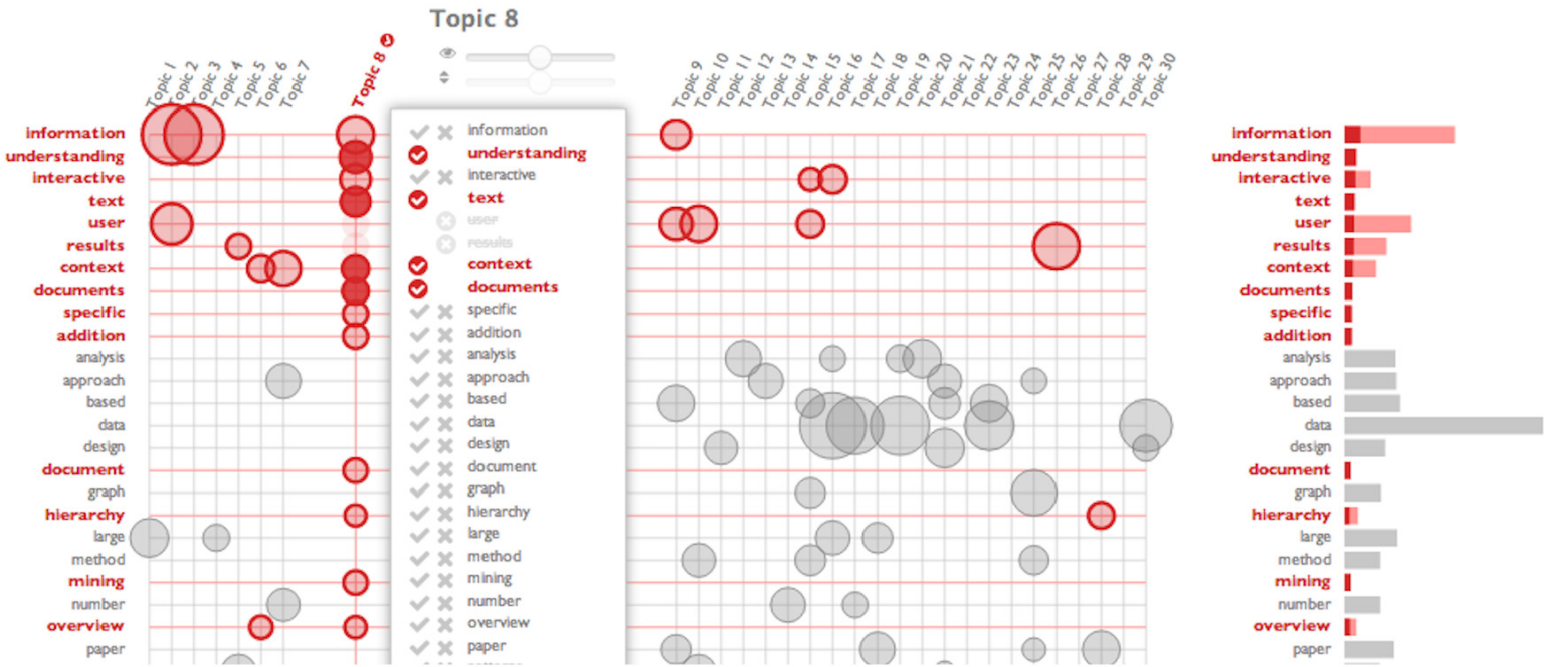


https://github.com/ajbc/tmv

Chaney A., Blei D. Visualizing Topic Models // Frontiers of computer science in China, 2012. — 55(4), pp. 77–84.

Система Termite

Интерактивная визуализация матрицы Φ и сравнение тем:

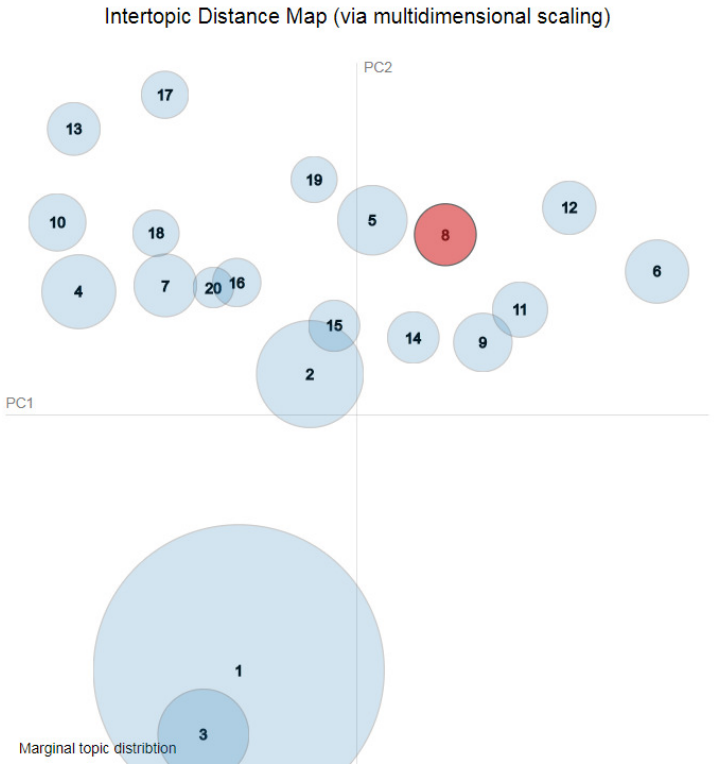


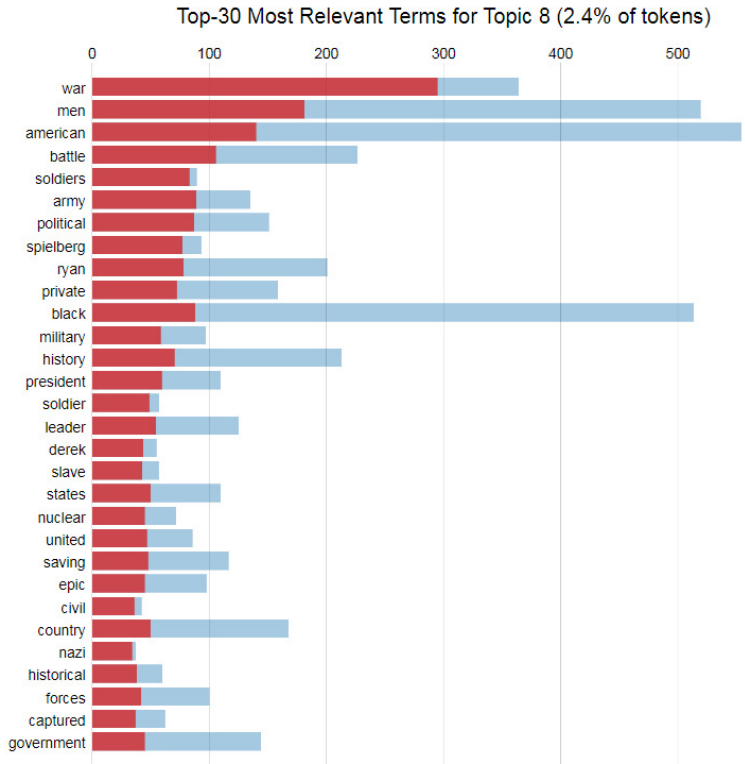
https://github.com/uwdata/termite-visualizations

Chuang J., Manning C., Heer J. Termite: Visualization Techniques for Assessing Textual Topic Models. IWCAVI 2012.

Система LDAvis

Карта сходства тем и сравнение $p(w|t)$ с $p(w)$:





https://github.com/cpsievert/LDAvis

C.Sievert, K.Shirley. LDAvis: A method for visualizing and interpreting topics. 2014.

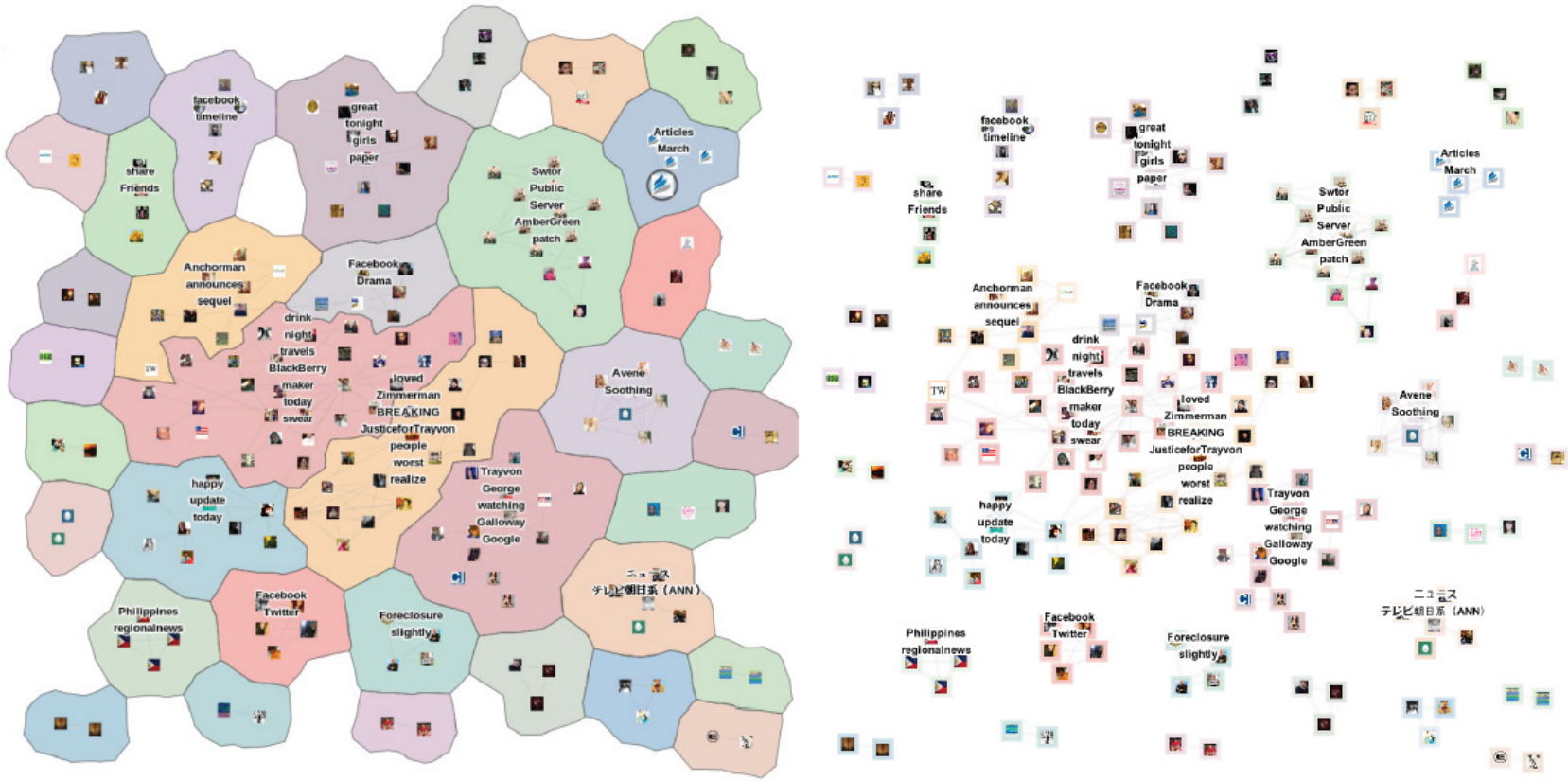
Система Serendip

Визуализация матриц Φ, Θ и тематики слов в текстах:

http://vep.cs.wisc.edu/serendip

E.Alexander, J.Kohlmann, R.Valenza, M.Witmore, M.Gleicher. Serendip: Topic Model-Driven Visual Exploration of Text Corpora. IEEE VAST 2014.

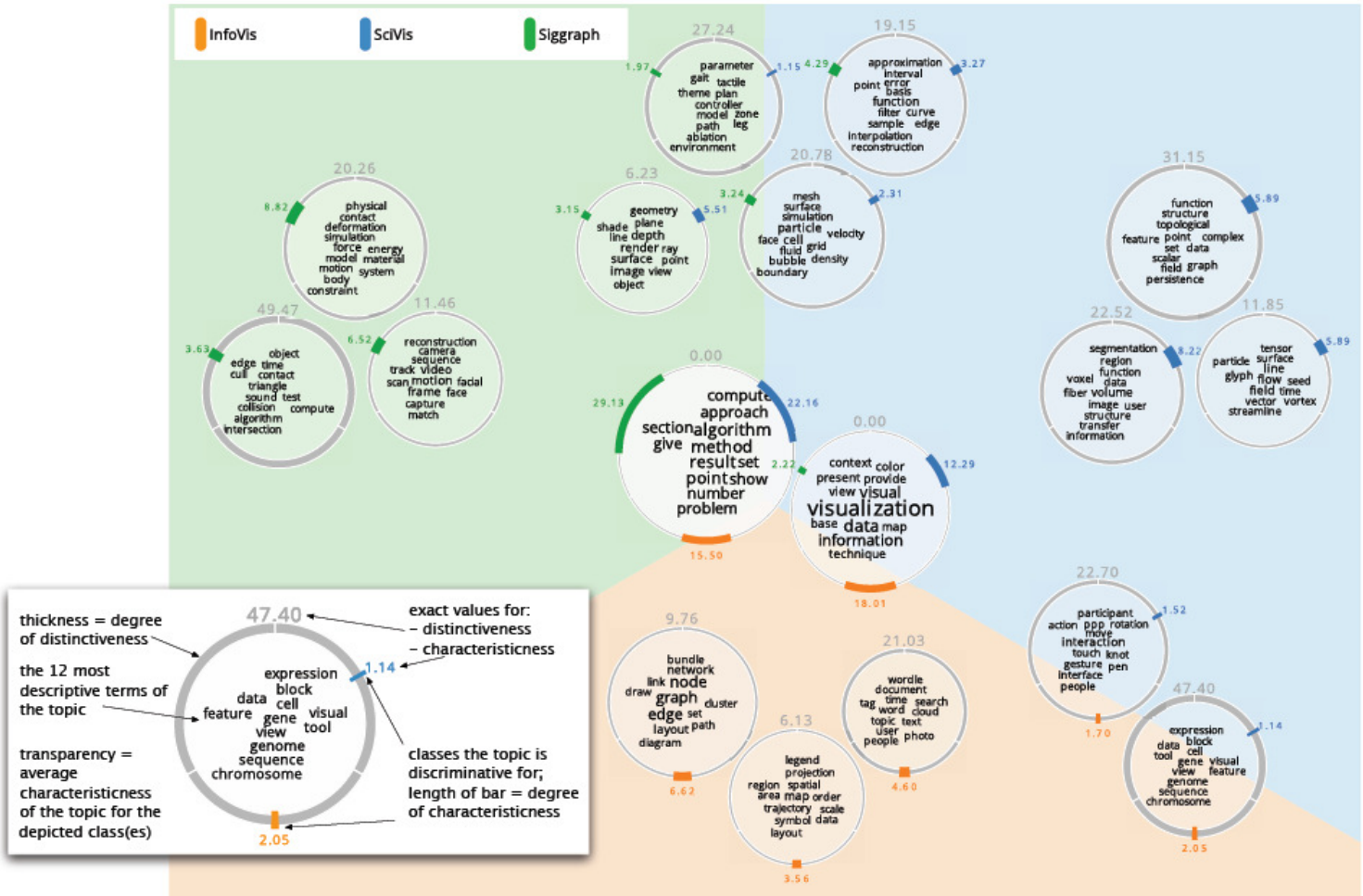
Географическая метафора: карта кластеризации документов



«A map metaphor visualization (left) seems more appealing than a plain graph layout (right), and clusters seem easier to identify.»

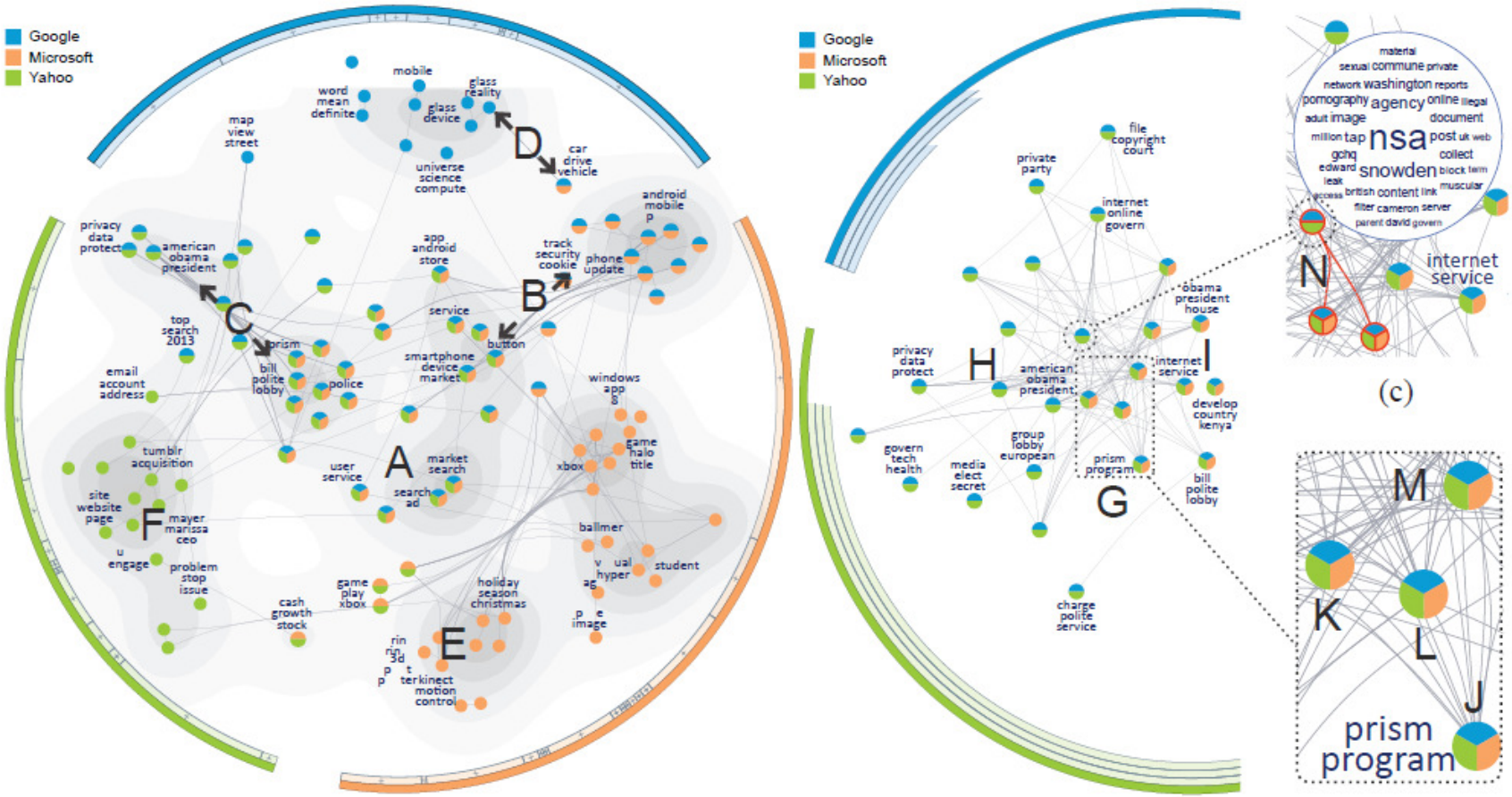
E.R.Gansner, Y.Hu, S.North. Visualizing Streaming Text Data with Dynamic Maps. 2012.

Тематический анализ источников



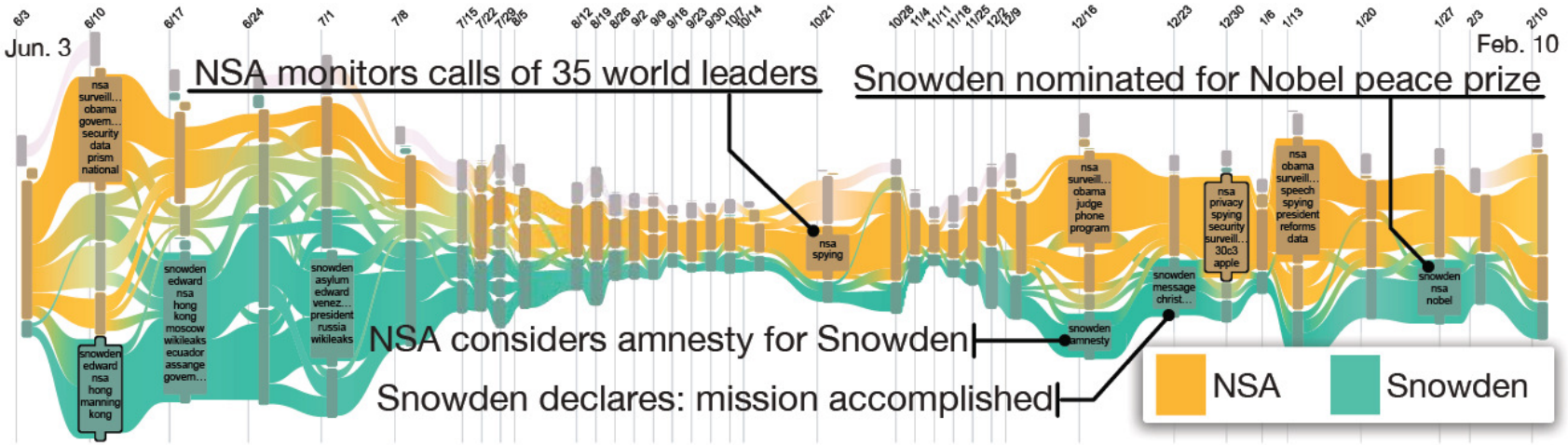
Oelke D., Strobelt H., Rohrdantz C., Gurevych I., Deussen O. Comparative exploration of document collections: a visual analytics approach. EuroVis. 2014.

Тематический анализ источников



Shixia Liu, Xiting Wang, Jianfei Chen, Jun Zhu, Baining Guo. TopicPanorama: a full picture of relevant topics. IEEE VAST, 2014.

Динамика тем: эволюция предметной области

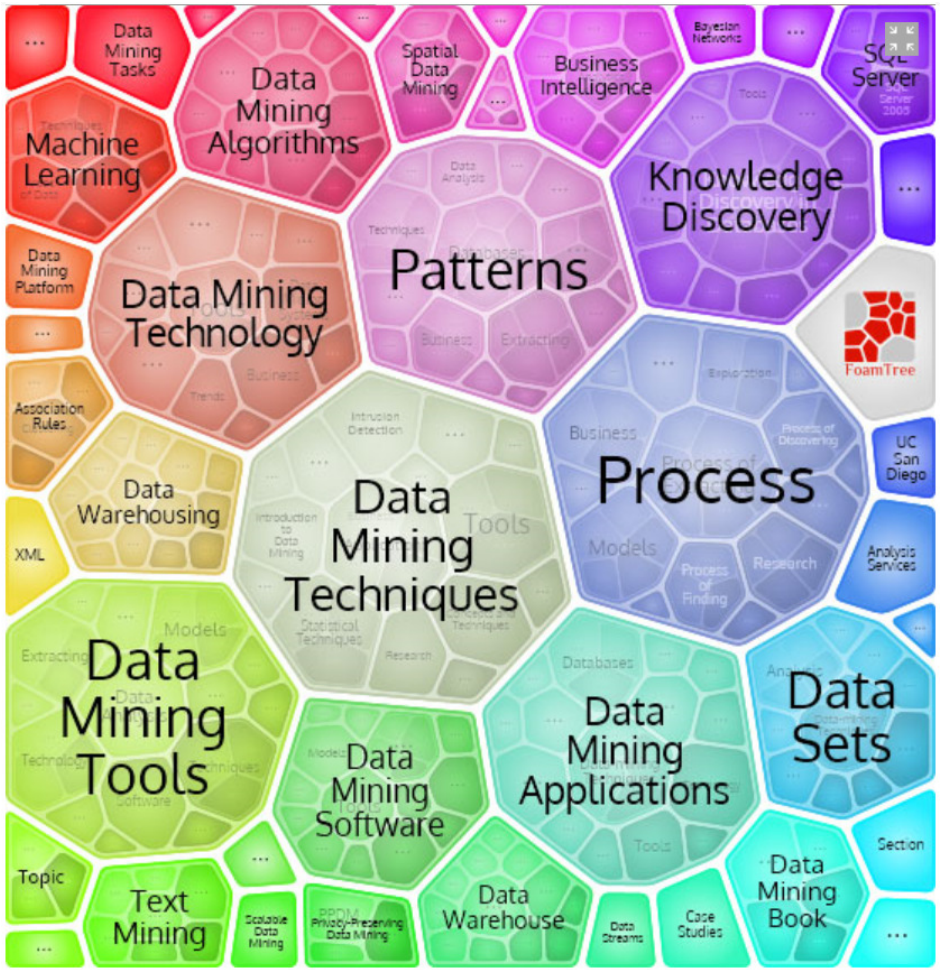


Эволюция выбранных тем иерархии. Данные Prism (2013/06/03–2014/02/09)

- эксперт задаёт сечение иерархии (дерева) тем,
- интерактивно выбирает подмножество тем и событий,
- генерирует отчёт.

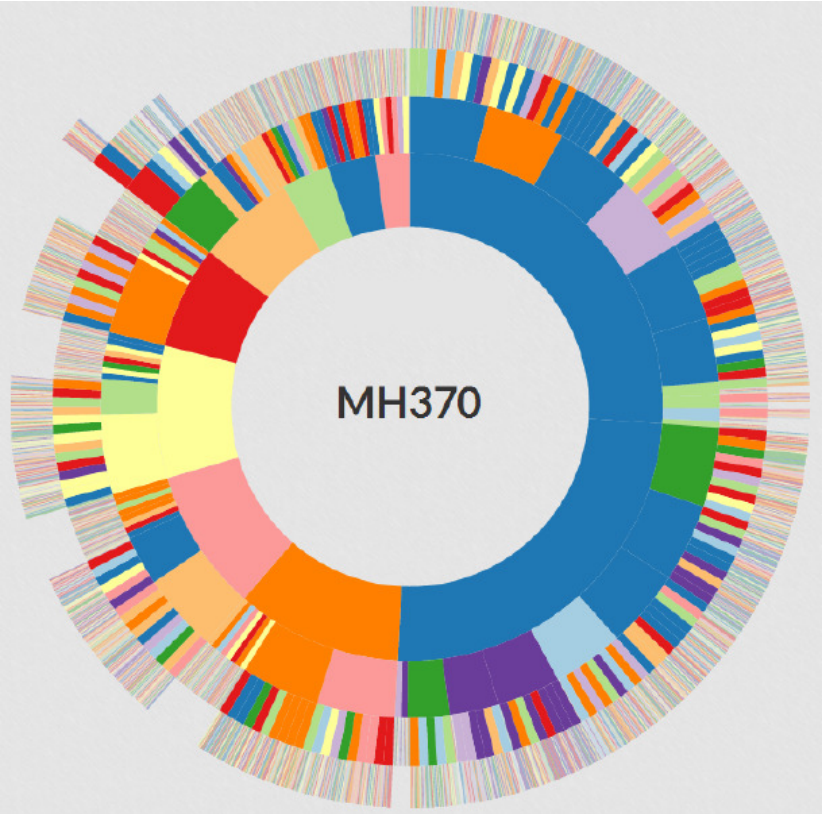
Weiwei Cui, Shixia Liu, Zhuofeng Wu, Hao Wei. How hierarchical topics evolve in large text corpora. 2014.

Тематическая иерархия: структура предметных областей



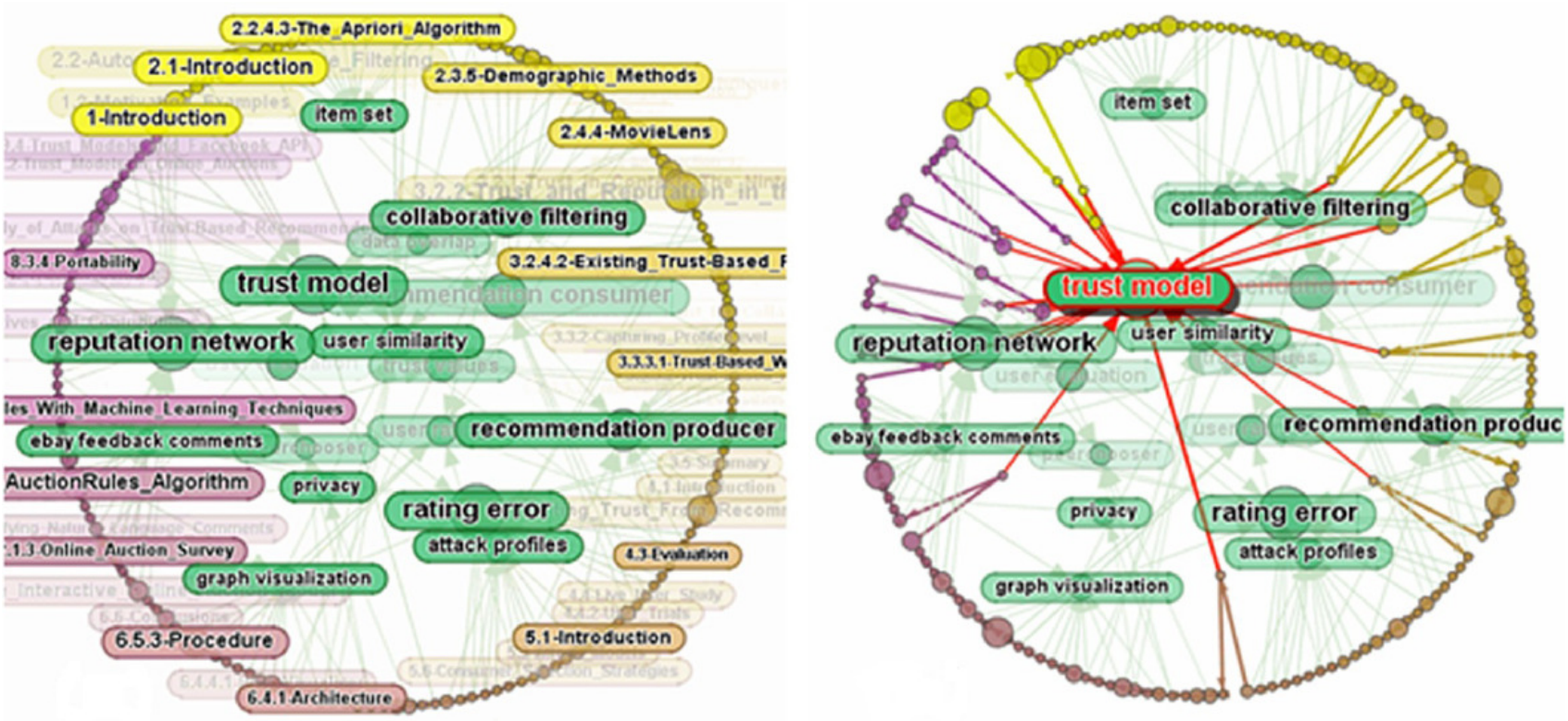
https://carrotsearch.com/foamtree

Тематическая иерархия: альтернативное представление



Smith A., Hawes T., Myers M.. Hiérarchie: interactive visualization for hierarchical topic models. Workshop on Interactive Language Learning, Visualization, and Interfaces, ACL, 2014.

Тематическая сегментация документа запроса



Gretarsson B., O'Donovan J., Bostandjiev S., Hollerer T., Asuncion A., Newman D., Smyth P. TopicNets: visual analysis of large text corpora with topic modeling. ACM Trans. on Intelligent Systems and Technology. 2012.

http://textvis.lnu.se

Интерактивный обзор 400 средств визуализации текстов

Айсина Р. М. Обзор средств визуализации тематических моделей коллекций текстовых документов // JMLDA, 2015.

VisARTM: визуализация для BigARTM

- Web-приложение для визуализации ARTM моделей
- Открытый код: https://github.com/bigartm/visartm
- Автоматическое перестроение моделей через BigARTM
- Текстовые интерактивные визуализации документов, тем, терминов, модальностей
- Графическая визуализация иерархических моделей
- Графическая визуализация темпоральных моделей
- Тематические спектры
- Сбор асессорских оценок

Дмитрий Федоряка. Технология интерактивной визуализации тематических моделей. Бакалаврская диссертация. МФТИ, 2017.

VisARTM: Визуализация документа

Химические коммуникации планктона

Эколог Егор Задереев о типах химических сигналов, миграциях зоопланктона и образовании покоящихся яиц

Text | Bag of words

Что исследователи знают о химической коммуникации планктона в воде? Какими сигналами обменивается зоопланктон? Как размножается зоопланктон? Об этом рассказывает кандидат биологических наук Егор Задереев.

Планктон — это организмы, местоположение которых в водной толще в основном определяется течениями. То есть это что-то маленькое, то, что переносится течениями. Планктон делится на фитопланктон (это водоросли) и зоопланктон. Мы будем говорить про зоопланктон — это рачки. То, как водные объекты между собой коммуницируют с помощью химических сигналов, исследовано довольно плохо. В наземных экосистемах, мы знаем, есть феромоны, различные сигнальные системы, которые хорошо исследованы. Мы используем их для создания ловушек, например, для вредителей — феромонные ловушки. Вода — это среда, которая благоприятна для химической коммуникации.

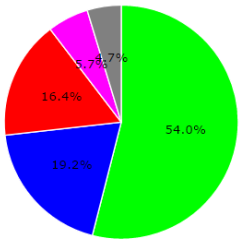
[post id="33793"]

Химические сигналы от хищников заставляют зоопланктон мигрировать. Это одно из самых масштабных на планете перемещений биомассы, которые ежесуточно происходят в океанах, морях и озерах. Зоопланктон ночью поднимается к поверхности, а днем уходит на глубину. Днем свет сверху помогает хищникам ловить животных, и животные уходят на глубину, а ночью поднимаются к поверхности, чтобы есть. Было показано, что эти вертикальные миграции регулируются двумя факторами. Первый — это освещенность. Очевидно, что, если не будет света, не будет сигнала. А второй — это химия, которую выделяют хищники.

В 2006 и 2009 годах выходили хорошие обзоры по химическим коммуникациям. То есть а) это очень маленькие молекулы, и б) они работают в очень низких концентрациях. Это до сих пор удивляет и поражает, потому что сообщества зоопланктона и вообще планктона в водных экосистемах — это сотни видов водорослей, рачков, которые живут в озерах, в морях, взаимодействуют между собой. А между ними есть очень сложная, судя по тому, что мы получаем в лаборатории, и разветвленная сеть химических сигналов и коммуникаций, которые влияют на разные поведенческие, физиологические и продуктивные функции. И эта сложная цепь, сеть взаимодействий до сих пор слабо исследована.

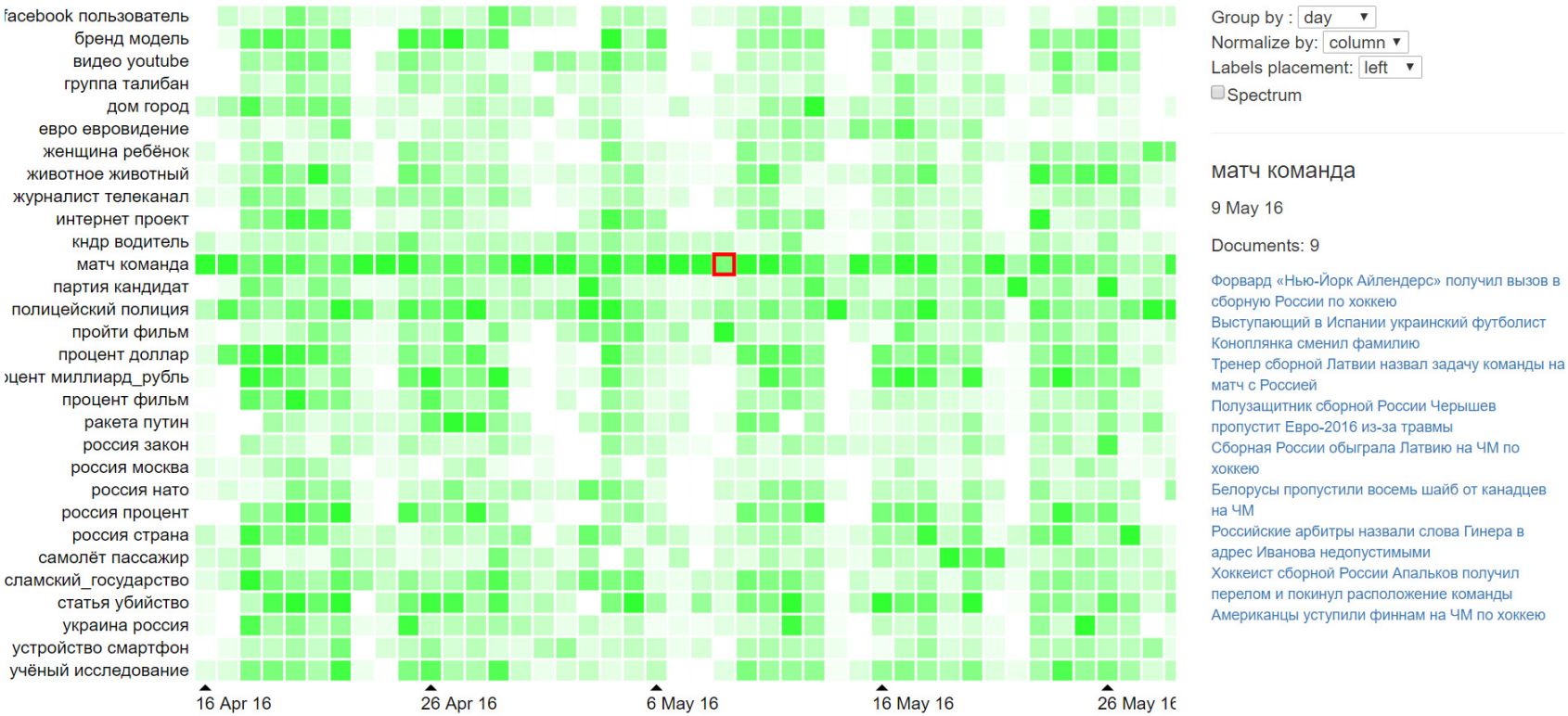
Dataset: postnauka
Time: Dec. 14, 2014, 3 p.m.
View original
index_id: 1866
text_id: 36719.txt
Terms count: 0
Unique terms count: 0
Model: flat-20
Highlighting: Words

Topic distribution

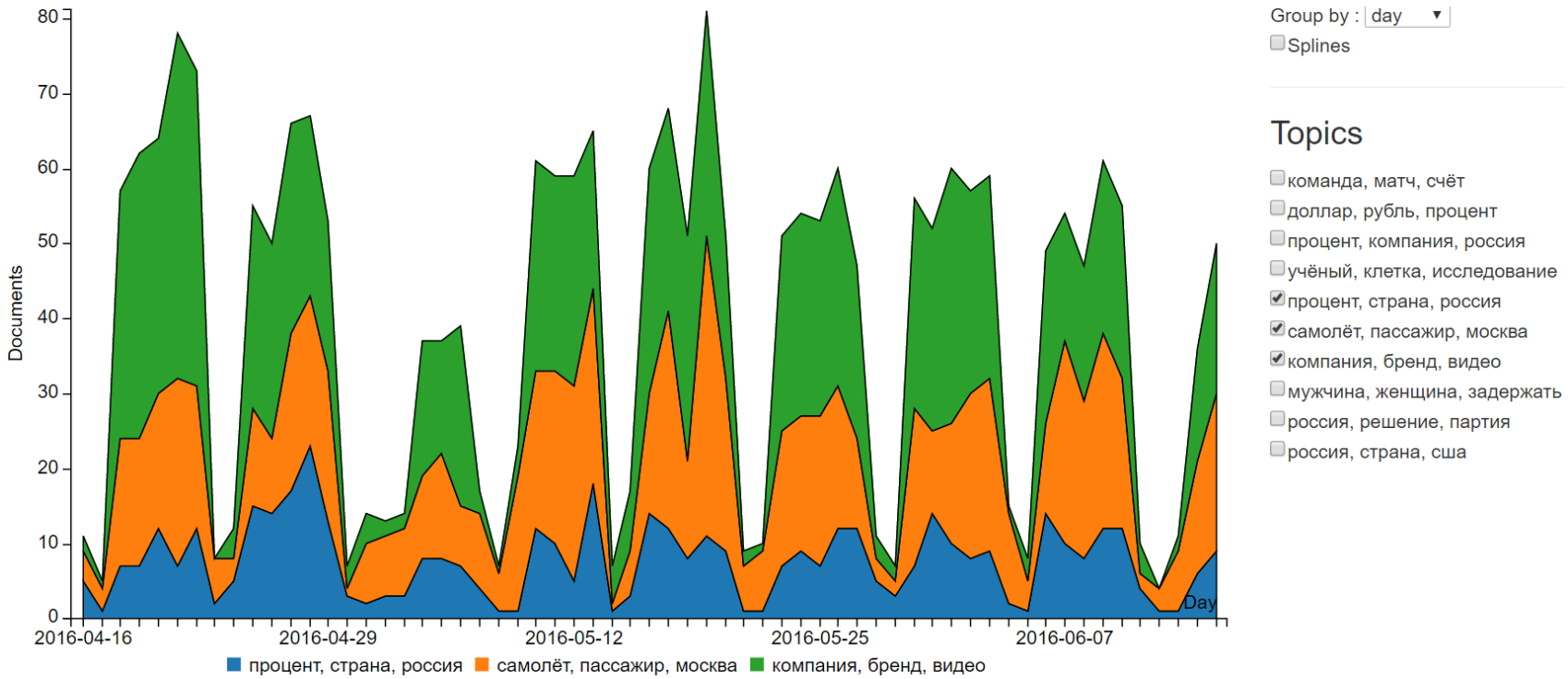


- земля, микроорганизм, вид
- вид, эволюция, ген
- материал, квантовый, структура
- город, социальный, пространство
- Other

VisARTM: Визуализация темпоральной модели



VisARTM: Визуализация темпоральной модели



VisARTM: Визуализация иерархической модели

Что такое «спектр тем» и зачем он нужен

Визуализация иерархии тем во времени (концепт):

- Интерпретируемые оси «время–темы»
- Близкие темы должны находиться рядом
- *Тематический спектр* — одномерная линейная проекция (например, науки: гуманитарные $\rightarrow$ естественные $\rightarrow$ точные)

Построение спектра тем. Постановка задачи

Тематический спектр — такая перестановка тем $t_1, \ldots, t_{|T|}$, что сумма расстояний между соседними темами минимальна:

$$\sum_{i=2}^{|T|} \rho(t_i, t_{i-1}) \to \min$$

Функция расстояния $\rho(t, t')$ между темами, примеры:

- Манхэттенское: $\rho(t, t') = \sum_{w \in W} \left| \phi_{wt} - \phi_{wt'} \right|$
- Хеллингера: $\rho^2(t, t') = \frac{1}{2} \sum_{w \in W} \left(\sqrt{\phi_{wt}} - \sqrt{\phi_{wt'}} \right)^2$
- Жаккара: $\rho(t, t') = 1 - \dfrac{|W_t \cap W_{t'}|}{|W_t \cup W_{t'}|}$, $W_t = \left\{ w : \phi_{wt} > \frac{1}{|W|} \right\}$

Построение спектра тем — это задача коммивояжёра

Задача TSP (traveling salesman problem)

Найти путь минимальной суммарной стоимости, соединяющий T городов так, чтобы в каждом городе побывать один раз.

Алгоритм Лина–Кернигана в реализации Хельсгауна — лучший для решения задачи TSP, по данным *Encyclopedia of operations research* на 2013 год.
Вычислительная сложность $T^{2.2}$.

Другие алгоритмы оказались не только медленнее, но и хуже по качеству тематических спектров.

Keld Helsgaun. An effective implementation of the Lin–Kernighan traveling salesman heuristic. EJOR, 2000.

Дмитрий Федоряка. Технология интерактивной визуализации тематических моделей. Бакалаврская диссертация. МФТИ, 2017.

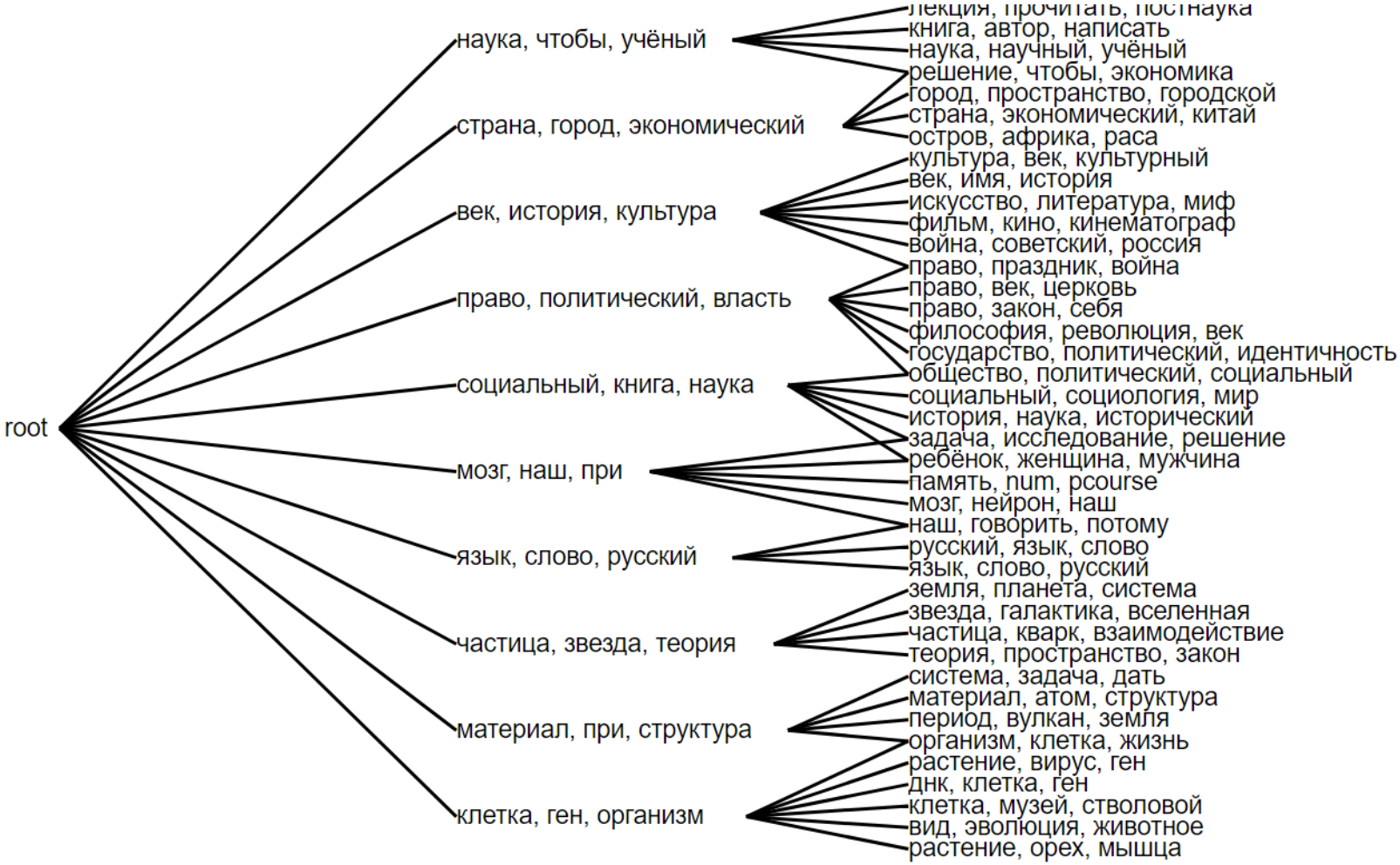
Пример спектра (коллекция postnauka.ru)

1. остров, земля, период, там, территория, океан, где, более, вид, найти, вулкан, находиться, южный
2. растение, япония, раса, при, более, чем, например, исследование, вид, страна, население
3. вид, эволюция, самец, мозг, самка, животное, отбор, ген, более, птица, наш, между, чтобы, чем, друг
4. мозг, нейрон, при, заболевание, наш, пациент, состояние, система, болезнь, сон, исследование
5. клетка, музей, стволовой, ткань, организм, чтобы, опухоль, система, использовать, технология
6. клетка, ген, днк, организм, молекула, геном, белок, белка, бактерия, система, процесс, жизнь
7. система, материал, задача, структура, метод, компьютер, дать, при, химический, область, химия
8. квантовый, свет, волна, атом, информация, фотон, сигнал, использовать, два, при, частота, состояние
9. частица, энергия, кварк, взаимодействие, магнитный, электрон, масса, физика, бозон, протон, модель
10. звезда, галактика, земля, планета, вселенная, дыра, чёрный, объект, солнце, масса, наш, система
11. теория, пространство, вселенная, закон, физика, математический, уравнение, число, два, мир, система
12. наш, сеть, информация, дать, объект, культура, задача, например, образ, память, слово, разный
13. язык, слово, русский, например, говорить, словарь, речь, разный, языковой, текст, два, лингвист
14. наука, учёный, научный, потому, чтобы, лекция, хороший, университет, сейчас, наш, заниматься
15. экономический, экономика, страна, чтобы, более, рынок, компания, цена, решение, деньга, работа, чем
16. страна, война, государство, политический, россия, советский, власть, политика, германия, стать
17. ребёнок, женщина, мужчина, жизнь, культура, общество, себя, семья, социальный, советский, женский
18. город, пространство, социальный, городской, общество, место, культурный, жизнь, более, современный
19. исследование, социальный, поведение, группа, решение, and, the, теория, проблема, наука
20. социальный, социология, мир, теория, объект, социологический, действие, событие, социолог, наука
21. политический, философия, идея, наука, свобода, понятие, революция, история, философ, век, себя
22. право, власть, закон, король, век, римский, бог, себя, церковь, правовой, политический, суд, два
23. век, история, русский, исторический, имя, традиция, христианский, культура, историк, текст, уже
24. себя, искусство, литература, говорить, потому, мир, сам, миф, жизнь, слово, текст, роман, век
25. книга, фильм, автор, кино, pcourse, num, читатель, посвятить, тема, история, исследование, работа

Пример спектра (коллекция lenta.ru)

1. спортсмен, допинг, олимпиада, рио, де, россия, проба, жанейро, wada, олимпийский_игра, соревнование
2. команда, матч, счёт, клуб, победа, чемпионат, турнир, минута, футболист, встреча, летний, футбол
3. евро, евровидение, страна, россия, конкурс, франция, болельщик, англия, украина, футбол, певец
4. пройти, мероприятие, россия, акция, фестиваль, москва, фильм, участник, картина, театр, музей
5. фильм, сериал, продукт, актёр, компания, продукция, процент, россия, книга, товар, картина, сезон
6. россия, москва, турист, процент, россиянин, страна, отель, рейс, путешественник, город, тысяча
7. процент, доллар, рубль, нефть, цена, россия, баррель, страна, уровень, вырасти, рынок, рост
8. компания, миллиард_рубль, процент, миллиард_доллар, россия, сумма, миллион_доллар, банк, банка
9. закон, законопроект, документ, реклама, использование, деятельность, поправка, внести, организация
10. россия, страна, керченский_пролив, российский, боинг, работа, чайка, ряд, гражданин, аэропорт
11. партия, кандидат, журналист, праймериза, выбор, единый_россия, госдума, выборы
12. россия, украина, крым, решение, киев, депутат, вопрос, отношение, страна, мнение, право, москва
13. россия, страна, турция, сша, ес, евросоюз, москва, санкция, отношение, украина, вопрос, государство
14. россия, сирия, исламский_государство, сша, нато, иго, запретить, террорист, страна, боевик
15. ракета, путин, россия, запуск, глава_государство, союз, спутник, президент
16. учёный, клетка, исследование, исследователь, ген, университет, оказаться, процент, помощь, организм
17. земля, животное, учёный, животный, тысяча, звезда, планета, обнаружить, кошка, территория, жизнь
18. самолёт, километр, машина, борт, пассажир, вертолёт, погибнуть, лайнер, пилот, час, район, яхта
19. полицейский, полиция, мужчина, задержать, автомобиль, улица, москва, пострадать, life
20. статья, убийство, задержать, суд, отношение, ук_рф, подозревать, следствие, обвинять, трамп, часть
21. ребёнок, женщина, мужчина, летний, дом, сын, семья, мальчик, жена, полиция, дочь, школа, врач
22. видео, youtube, ролик, фото, фотография, канал, снимка, auto, instagram, девушка, страница, группа
23. facebook, пользователь, интернет, страница, twitter, пост, написать, соцсеть, вконтакте, аккаунт
24. устройство, смартфон, компания, мотоциклист, игра, байкер, видео, миллион_доллар, робот, молодая
25. бренд, модель, компания, обувь, основать, одежда, релиз, коллекция, редакция, часы, поступить

Иерархический спектр (коллекция postnauka.ru)



Иерархический спектр (коллекция lenta.ru)

Задача суммаризации (аннотирования, реферирования) текста

Автоматическая суммаризация — *краткий* текст, построенный по одному или нескольким документам и *наиболее полно* передающий их содержание.

Полуавтоматическая — HAMS, human aided machine summarization

Основные типы задач суммаризации:

- *one-document* — на входе один документ $d \in D$
- *multi-document* — на входе набор документов $D' \subseteq D$
- ⊕ *topic* — на входе набор фрагментов темы $p(d, s|t)$

Основные подходы к суммаризации:

- *extractive* — выбор некоторых предложений целиком
- *abstractive* — генерация текста на естественном языке

H.P.Luhn. The automatic creation of literature abstracts. 1958.
Juan-Manuel Torres-Moreno. Automatic Text Summarization. 2014.

Основные этапы выборочной (extractive) суммаризации

1. Внутреннее представление текста
   - выявление тематики текста и отдельных предложений
   - вычисление признаков предложений
2. Оценивание полезности (ранжирование) предложений
3. Отбор предложений для реферата
   - оптимизация критериев информативности и различности
   - оптимизация последовательности предложений
   - учёт целей и особенностей прикладной задачи (новости/статьи/веб-страницы/посты/мэйлы)

D.Das, A.Martins. A survey on automatic text summarization. 2007.

A.Nenkova, K.McKeown. A survey of text summarization techniques. 2012.

Yogita Desai, Prakash Rokade. Multi Document Summarization: Approaches and Future Scope. 2015.

Mahak Gambhir, Vishal Gupta. Recent automatic text summarization techniques: a survey. 2016.

Покрытие терминологии и тематики документа

S_d — множество предложений документа d
$a \subset S_d$ — искомая суммаризация

Покрытие терминологии документа (lexicon coverage):

$$\mathrm{WCov}(a) = \mathrm{KL}\big(p(w|d)\|p(w|a)\big) \to \min_{a \subset S_d}$$

Покрытие тематики документа (topic coverage):

$$\mathrm{TCov}(a) = \mathrm{KL}\big(p(t|d)\|p(t|a)\big) \to \min_{a \subset S_d}$$

Избыточность суммаризации (redundancy):

$$\mathrm{Red}(a) = \sum_{s,s' \in a} B_{ss'} \to \min_{a \subset S_d}, \qquad B_{ss'} = \mathrm{sim}\big(p(w|s), p(w|s')\big),$$

где sim — одна из мер сходства: cos, JS, Jaccard и т.п.

Marina Litvak, Natalia Vanetik, Chunlei Liu, Lemin Xiao, Onur Savas. Improving Summarization Quality with Topic Modeling. 2015.

Задача многокритериальной дискретной оптимизации

Метод релаксации: вместо $a \subset S_d$ ищем $\pi_s = p(s|a)$, где $s \in S_d$.
В релаксированной задаче:

$$p(w|a) = \sum_{s \in d} p(w|s)p(s|a) = \sum_{s \in d} \frac{n_{ws}}{n_s} \pi_s$$

$$p(t|a) = \sum_{s \in d} p(t|s)p(s|a) = \sum_{s \in d} \theta_{ts} \pi_s$$

Сумма трёх критериев $\mathrm{WCov}(a) + \tau_1 \mathrm{TCov}(a) + \tau_2 \mathrm{Red}(a)$:

$$\sum_{w \in d} n_{dw} \ln \sum_{s \in d} \frac{n_{ws}}{n_s} \pi_s + \tau_1 \sum_{t \in T} \theta_{td} \ln \sum_{s \in d} \theta_{ts} \pi_s - \tau_2 \sum_{s,s' \in d} B_{ss'} \pi_s \pi_{s'} \to \max_{\{\pi\}}$$

Максимизация покрытия — это максимизация правдоподобия!

Можно добавить регуляризатор разреживания:

$$R(\pi) = -\tau_3 \sum_{s \in S_d} \ln \pi_s \to \max_{\{\pi\}}$$

Оценка полезности предложений

Дополнительные признаки для отбора предложений:

- *SumBasic* — средняя частота слов, исключая стоп-слова
- *Centriod* — средний TF-IDF слов, превышающий порог
- *LexicalChain* — число слов сильных лексических цепочек
- *ImpactBased* — число слов из ссылающихся контекстов
- *TopicBased* — число слов из запроса пользователя

Стратегии отбора предложений:

- по одному top-предложению от каждой из top-тем
- поощрять выбор соседних предложений
- штрафовать предложения с анафорой и эллипсисом

A.Nenkova, K.McKeown. A survey of text summarization techniques. 2012.

Тематическая модель предложений для суммаризации

S_d — множество предложений документа d;
n_{sw} — частота термина w в предложении s;
n_s — длина предложения s.

Отбор предложений для суммаризации: $p(s|t) \to \max\limits_{s \in S_d}$

Тематическая модель сегментированного текста:

$$p(w|d) = \sum_{s \in S_d} p(w|s) \sum_{t \in T} p(s|t) p(t|d) = \sum_{s \in S_d} p_{ws} \sum_{t \in T} \psi_{st} \theta_{td}$$

где $p_{ws} \equiv p(w|s) = \frac{n_{ws}}{n_s}$ — частота термина w в предложении s.

Вместо ϕ_{wt} нельзя взять $p(w|t) = \sum\limits_{d \in D} \sum\limits_{s \in S_d} p_{ws} \psi_{st}$. Почему?

Dingding Wang, Shenghuo Zhu, Tao Li, Yihong Gong. Multi-document summarization using sentence-based topic models // ACL-IJCNLP 2009.

BSTM — Bayesian Sentence-based Topic Models

Критерий максимума регуляризованного правдоподобия:

$$\sum_{d\in D}\sum_{w\in d} n_{dw} \ln \sum_{s\in S_d} p_{ws} \sum_{t\in T} \psi_{st}\theta_{td} \to \max_{\Phi,\Theta}$$

- Авторы утверждают, что модель переходит в обычную $p(w|d) = \sum_t \phi_{wt}\theta_{td}$, если предложение $\equiv$ слово
- Это не так, т. к. предложения уникальны: $S_d \cap S_{d'} = \varnothing$
- Модель разваливается на независимые модели документов (Litvak, 2015) такую LDA строят явно, это тоже работает!
- Но это не будет работать для multi-document summarization!
- А то, что модель «Bayesian», вообще не имеет значения ;)

Dingding Wang, Shenghuo Zhu, Tao Li, Yihong Gong. Multi-document summarization using sentence-based topic models // ACL-IJCNLP 2009.

Идея обобщения для много-документной суммаризации

Критерий максимума регуляризованного правдоподобия:

$$\sum_{d,w} n_{dw} \ln \sum_{t \in T} \phi_{wt}\theta_{td} + \tau \sum_{d,w} n_{dw} \ln \sum_{s \in S_d} p_{ws} \sum_{t \in T} \psi_{st}\theta_{td} + R \to \max_{\Phi,\Psi,\Theta}$$

EM-алгоритм: метод простой итерации для системы уравнений

$$\text{E-шаг:} \quad \begin{cases} p_{tdw} \equiv p(t|d,w) = \underset{t \in T}{\text{norm}}\left(\phi_{wt}\theta_{td}\right) \\ p_{stdw} \equiv p(s,t|d,w) = \underset{s,t \in S_d \times T}{\text{norm}}\left(p_{ws}\psi_{st}\theta_{td}\right) \end{cases}$$

$$\text{M-шаг:} \quad \begin{cases} \phi_{wt} = \underset{w \in W}{\text{norm}}\left(\sum_{d \in D} n_{dw} p_{tdw} + \phi_{wt}\frac{\partial R}{\partial \phi_{wt}}\right) \\ \psi_{st} = \underset{s \in S_d}{\text{norm}}\left(\sum_{w \in S_d} n_{dw} p_{stdw} + \psi_{st}\frac{\partial R}{\partial \psi_{st}}\right) \\ \theta_{td} = \underset{t \in T}{\text{norm}}\left(\sum_{w \in d} n_{dw} p_{tdw} + \tau \sum_{w \in d}\sum_{s \in S_d} n_{dw} p_{stdw} + \theta_{td}\frac{\partial R}{\partial \theta_{td}}\right) \end{cases}$$

ROUGE: Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation

$r \in R$ — множество рефератов, написанных людьми

s — суммаризация, построенная системой

Чем больше, тем лучше — для всех метрик семейства ROUGE

Доля n-грамм из рефератов, вошедших в суммаризацию s:

$$\text{ROUGE-}n(s) = \frac{\sum\limits_{r \in R} \sum\limits_{w} [w \in s][w \in r]}{\sum\limits_{r \in R} \sum\limits_{w} [w \in r]}$$

Доля n-грамм из самого близкого реферата, вошедших в s:

$$\text{ROUGE-}n_{\text{multi}}(s) = \max_{r \in R} \frac{\sum\limits_{w} [w \in s][w \in r]}{\sum\limits_{w} [w \in r]}$$

Chin-Yew Lin. ROUGE: A package for automatic evaluation of summaries. 2004.

ROUGE: Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation

$r \in R$ — множество рефератов, написанных людьми
s — суммаризация, построенная системой
Чем больше, тем лучше — для всех метрик семейства ROUGE

ROUGE-L(s) максимальная общая подпоследовательность s, r
ROUGE-W(s) штрафует за пропуски в подпоследовательности
ROUGE-S(s) аналог ROUGE-2(s) для биграмм с пропусками
ROUGE-SU-m(s) для биграмм с пропусками не длиннее m

$\mathrm{JS}\big(p(w|s), p(w|R)\big)$ — лучше всего коррелирует с экспертными оценками качества суммаризации (Lin, 2006).

Готовые пакеты для вычисления метрик: pyRouge и др.

Chin-Yew Lin. ROUGE: A package for automatic evaluation of summaries. 2004.

Chin-Yew Lin, Guihong Cao, Jianfeng Gao, Jian-Yun Nie.
An Information-Theoretic Approach to Automatic Evaluation of Summaries. 2006.

Резюме

- Для удобства систематизации нужна визуализация
- Для визуализации нужны суммаризация и именование тем
- Качественная суммаризация — открытая проблема NLP
- Суммаризация темы — открытая проблема TM
- Тематические модели суммаризации развиты слабо
- ROUGE — семейство мер качества суммаризации, характеризуют далеко не все аспекты качества
- BLUE — аналогичные метрики, но precision-based