

Вероятностные тематические модели

Лекция 3. Модальности, иерархии и тематический поиск

К. В. Воронцов

`k.vorontsov@iai.msu.ru`

Этот курс доступен на странице вики-ресурса

<http://www.MachineLearning.ru/wiki>

«Вероятностные тематические модели (курс лекций, К.В.Воронцов)»

МФТИ – ФИЦ ИУ РАН • 10 октября 2024

- 1 Модальности и тематические иерархии**
 - Мультимодальные тематические модели
 - Регуляризаторы для разделения тем на подтемы
 - Эксперименты с иерархическими моделями
- 2 Эксперименты с тематическим поиском**
 - Методика измерения качества поиска
 - Тематическая модель для документного поиска
 - Оптимизация гиперпараметров
- 3 Проект «Мастерская знаний»**
 - Концепция «мастерской знаний»
 - Тематические подборки документов
 - Тематические модели для научного поиска

Напоминание. Задача тематического моделирования

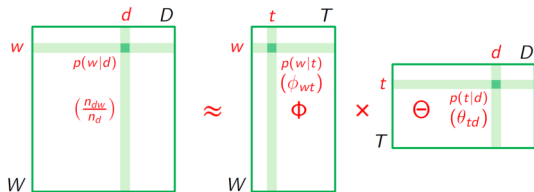
Дано: коллекция текстовых документов, $p(w|d) = \frac{n_{dw}}{n_d}$

Вероятностная тематическая модель:

$$p(w|d) = \sum_{t \in T} p(w|t)p(t|d) = \sum_{t \in T} \phi_{wt}\theta_{td}$$

Найти: параметры модели $\phi_{wt} = p(w|t)$, $\theta_{td} = p(t|d)$

Это задача стохастического матричного разложения:



Hofmann T. Probabilistic Latent Semantic Indexing. ACM SIGIR, 1999.

Blei D., Ng A., Jordan M. Latent Dirichlet Allocation. NIPS-2001. JMLR 2003.

Напоминание. ARTM — аддитивная регуляризация

Максимизация \log правдоподобия с регуляризатором R :

$$\sum_{d,w} n_{dw} \ln \sum_t \phi_{wt} \theta_{td} + R(\Phi, \Theta) \rightarrow \max_{\Phi, \Theta}$$

EM-алгоритм: метод простой итерации для системы уравнений

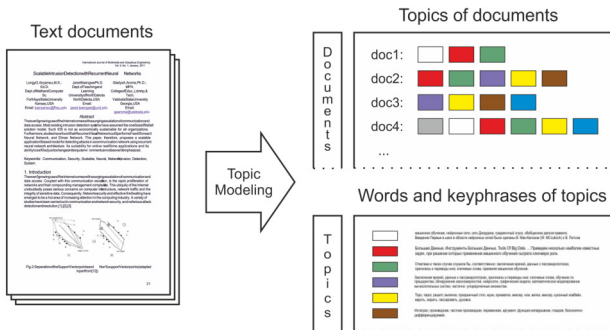
$$\begin{cases} \text{E-шаг:} & p_{tdw} \equiv p(t|d, w) = \operatorname{norm}_{t \in T}(\phi_{wt} \theta_{td}) \\ \text{M-шаг:} & \begin{cases} \phi_{wt} = \operatorname{norm}_{w \in W} \left(n_{wt} + \phi_{wt} \frac{\partial R}{\partial \phi_{wt}} \right), & n_{wt} = \sum_{d \in D} n_{dw} p_{tdw} \\ \theta_{td} = \operatorname{norm}_{t \in T} \left(n_{td} + \theta_{td} \frac{\partial R}{\partial \theta_{td}} \right), & n_{td} = \sum_{w \in D} n_{dw} p_{tdw} \end{cases} \end{cases}$$

где $\operatorname{norm}_{t \in T}(x_t) = \frac{\max\{x_t, 0\}}{\sum_{s \in T} \max\{x_s, 0\}}$ — операция нормирования вектора.

Воронцов К. В. Аддитивная регуляризация тематических моделей коллекций текстовых документов. Доклады РАН, 2014.

Мультимодальная тематическая модель

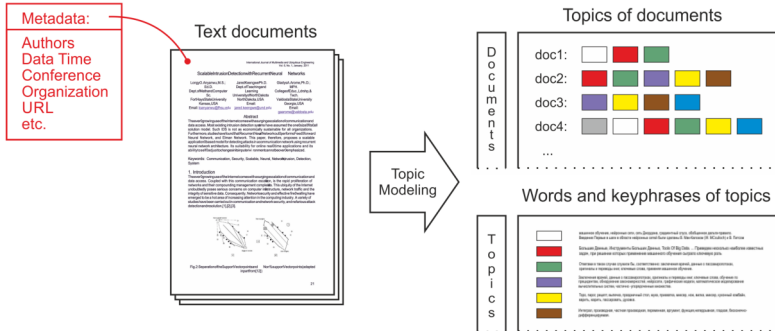
Тема может порождать термины различных *модальностей*:
 $p(\text{слово} | t)$, $p(n\text{-грамма} | t)$,



Мультиязычная тематическая модель

Тема может порождать термины различных *модальностей*:

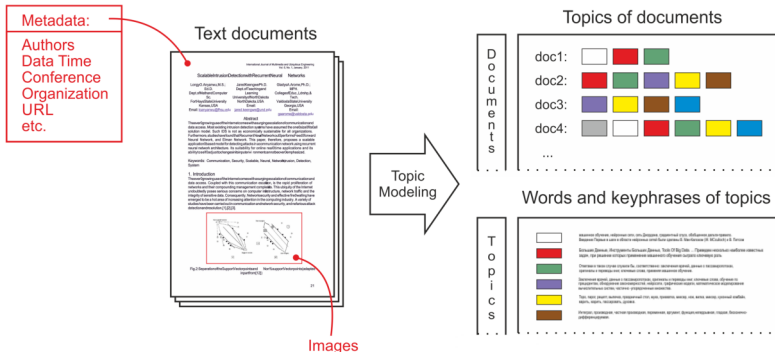
$p(\text{слово}|t)$, $p(n\text{-грамма}|t)$, $p(\text{автор}|t)$, $p(\text{время}|t)$, $p(\text{источник}|t)$,



Мультиязычная тематическая модель

Тема может порождать термины различных *модальностей*:

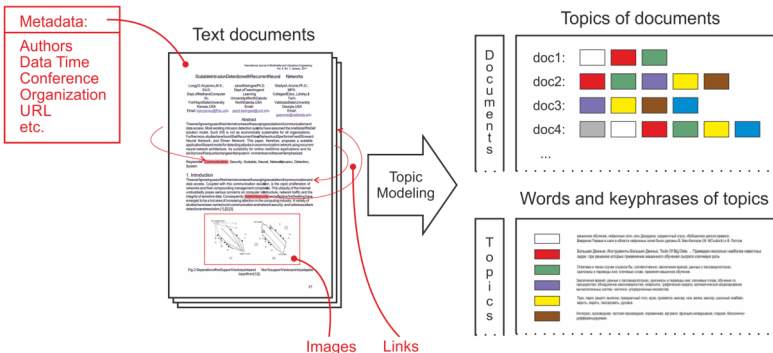
$p(\text{слово} | t)$, $p(n\text{-грамма} | t)$, $p(\text{автор} | t)$, $p(\text{время} | t)$, $p(\text{источник} | t)$,
 $p(\text{объект} | t)$,



Мультиязычная тематическая модель

Тема может порождать термины различных *модальностей*:

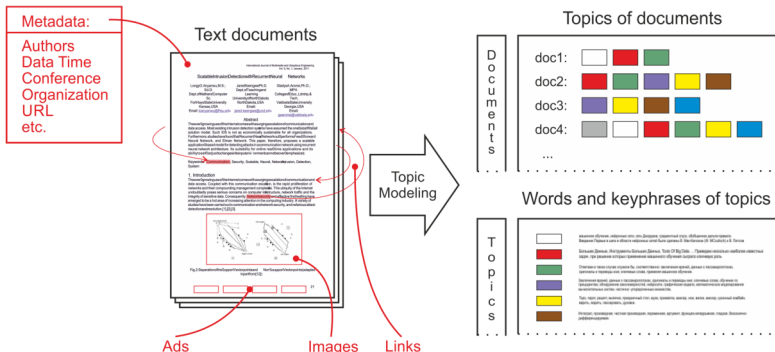
$p(\text{слово}|t)$, $p(n\text{-грамма}|t)$, $p(\text{автор}|t)$, $p(\text{время}|t)$, $p(\text{источник}|t)$,
 $p(\text{объект}|t)$, $p(\text{ссылка}|t)$,



Мультиязычная тематическая модель

Тема может порождать термины различных *модальностей*:

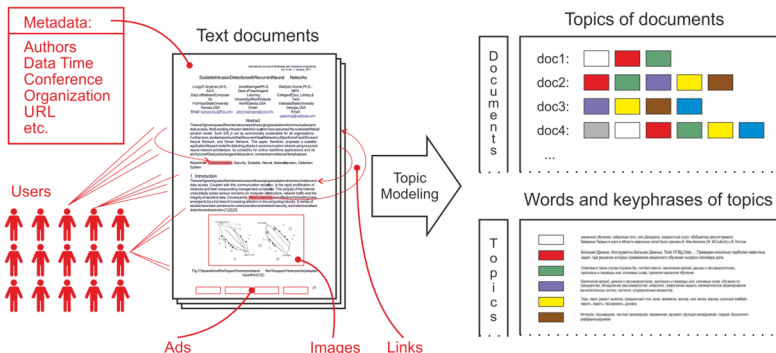
$p(\text{слово} | t)$, $p(n\text{-грамма} | t)$, $p(\text{автор} | t)$, $p(\text{время} | t)$, $p(\text{источник} | t)$,
 $p(\text{объект} | t)$, $p(\text{ссылка} | t)$, $p(\text{баннер} | t)$,



Мультимодальная тематическая модель

Тема может порождать термины различных *модальностей*:

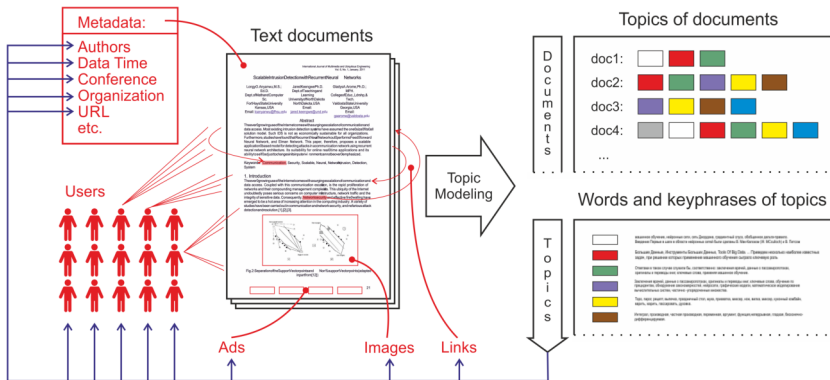
$p(\text{слово} | t)$, $p(n\text{-грамма} | t)$, $p(\text{автор} | t)$, $p(\text{время} | t)$, $p(\text{источник} | t)$,
 $p(\text{объект} | t)$, $p(\text{ссылка} | t)$, $p(\text{баннер} | t)$, $p(\text{пользователь} | t)$



Мультиязычная тематическая модель

Тема может порождать термины различных *модальностей*:

$p(\text{слово} | t)$, $p(n\text{-грамма} | t)$, $p(\text{автор} | t)$, $p(\text{время} | t)$, $p(\text{источник} | t)$,
 $p(\text{объект} | t)$, $p(\text{ссылка} | t)$, $p(\text{баннер} | t)$, $p(\text{пользователь} | t)$



Напоминание. Мультимодальная ARTM

W_m — словарь термов m -й модальности, $m \in M$

Максимизация суммы log-правдоподобий с регуляризацией:

$$\sum_{m \in M} \tau_m \sum_{d \in D} \sum_{w \in W^m} n_{dw} \ln \sum_{t \in T} \phi_{wt} \theta_{td} + R(\Phi, \Theta) \rightarrow \max_{\Phi, \Theta}$$

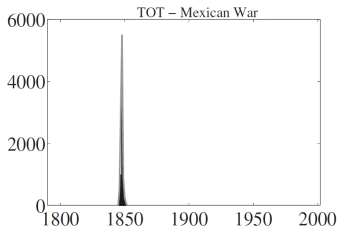
EM-алгоритм: метод простой итерации для системы уравнений

$$\begin{cases} \text{E-шаг:} & p_{tdw} = \operatorname{norm}_{t \in T}(\phi_{wt} \theta_{td}) \\ \text{M-шаг:} & \begin{cases} \phi_{wt} = \operatorname{norm}_{w \in W^m} \left(\sum_{d \in D} \tau_m(w) n_{dw} p_{tdw} + \phi_{wt} \frac{\partial R}{\partial \phi_{wt}} \right) \\ \theta_{td} = \operatorname{norm}_{t \in T} \left(\sum_{w \in W^m} \tau_m(w) n_{dw} p_{tdw} + \theta_{td} \frac{\partial R}{\partial \theta_{td}} \right) \end{cases} \end{cases}$$

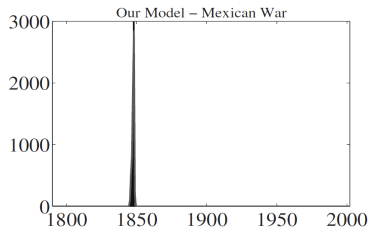
K. Vorontsov, O. Freij, M. Apishev et al. Non-Bayesian additive regularization for multimodal topic modeling of large collections. CIKM TM workshop, 2015.

Пример. Использование модальностей времени и n -грамм

По коллекции выступлений президентов США



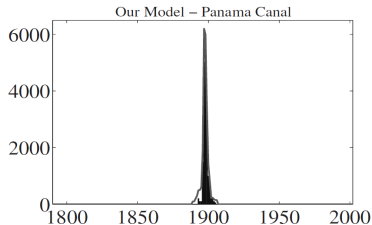
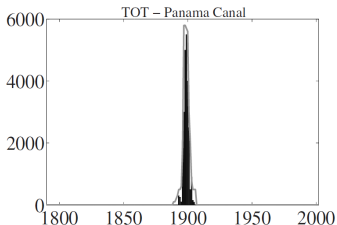
1. mexico	8. territory
2. texas	9. army
3. war	10. peace
4. mexican	11. act
5. united	12. policy
6. country	13. foreign
7. government	14. citizens



1. east bank	8. military
2. american coins	9. general herrera
3. mexican flag	10. foreign coin
4. separate independent	11. military usurper
5. american commonwealth	12. mexican treasury
6. mexican population	13. invaded texas
7. texan troops	14. veteran troops

Пример. Использование модальностей времени и n -грамм

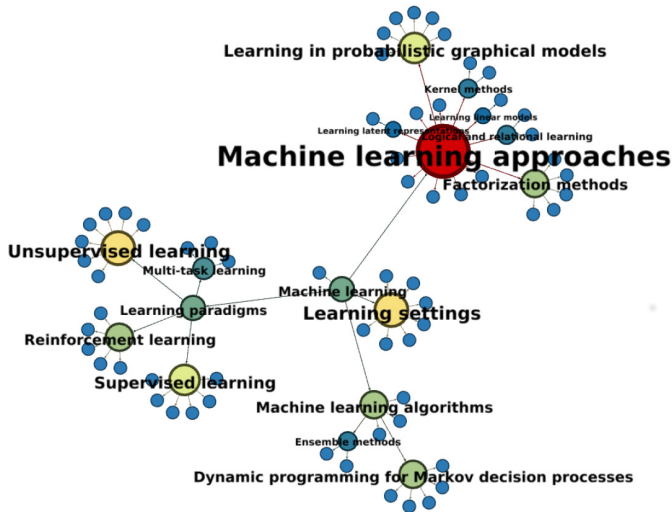
По коллекции выступлений президентов США



1. government	8. spanish
2. cuba	9. island
3. islands	10. act
4. international	11. commission
5. powers	12. officers
6. gold	13. spain
7. action	14. rico

1. panama canal	8. united states senate
2. isthmian canal	9. french canal company
3. isthmus panama	10. caribbean sea
4. republic panama	11. panama canal bonds
5. united states government	12. panama
6. united states	13. american control
7. state panama	14. canal

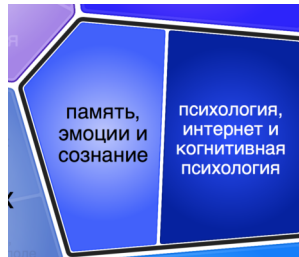
Пример древовидной тематической иерархии



G.Bordea. Domain adaptive extraction of topical hierarchies for expertise mining. 2013.

Пример тематической иерархии с именованием тем

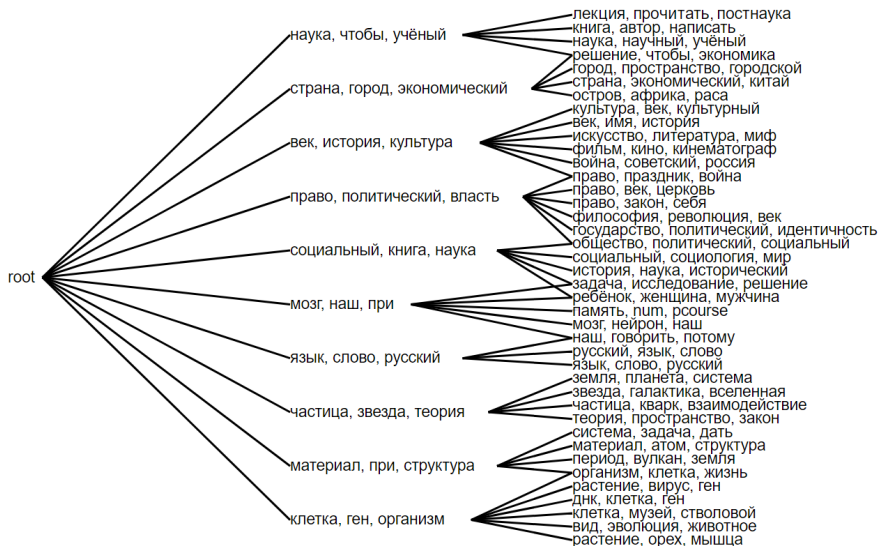
Тексты научно-просветительского ресурса Postnauka.ru:
2976 документов, 43196 слов, 1799 тегов



Chirkova N.A., Vorontsov K.V. Additive regularization for hierarchical multimodal topic modeling. JMLDA, 2016.

Belyy A.V., Seleznova M.S., Sholokhov A.K., Vorontsov K.V. Quality Evaluation and Improvement for Hierarchical Topic Modeling. Dialogue 2018.

Иерархический спектр тем (коллекция postnauka.ru)



Построение спектра тем. Постановка задачи

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

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

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

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

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.

Иерархические тематические модели

Процесс построения иерархии тем:

- структура: дерево / **многодольный граф**
- направление: снизу вверх / **сверху вниз** / одновременно
- наращивание: повершинное / **последнее**
- обучение: **без учителя** / по готовым рубрикам

Открытые проблемы:

- “Despite recent activity in the field of HPTMs, determining the hierarchical model that best fits a given data set, in terms of the structure and size of the learned hierarchy, still remains a challenging task and an open issue.”
- “The evaluation of hierarchical PTMs is also an open issue.”

Zavitsanos E., Paliouras G., Vouros G. A. Non-Parametric Estimation of Topic Hierarchies from Texts with Hierarchical Dirichlet Processes. 2011.

Регуляризатор Φ : родительские темы как псевдо-документы

Шаг 1. Строим модель с небольшим числом тем

Шаг k . Пусть модель с множеством тем T уже построена.
Строим множество дочерних тем S (subtopics), $|S| > |T|$

Родительские темы приближаются смесями дочерних тем:

$$\sum_{t \in T} n_t \text{KL}_w \left(p(w|t) \parallel \sum_{s \in S} p(w|s) p(s|t) \right) \rightarrow \min_{\Phi, \Psi}$$

где $\Psi = (\psi_{st})_{S \times T}$ — матрица связей, $\psi_{st} = p(s|t)$

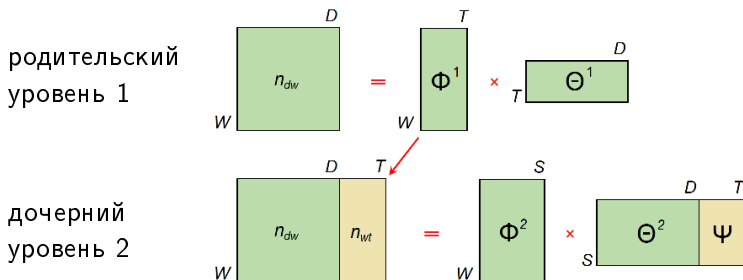
Родительская $\Phi^p \approx \Phi \Psi$, отсюда регуляризатор матрицы Φ :

$$R(\Phi, \Psi) = \tau \sum_{t \in T} \sum_{w \in W} n_{wt} \ln \sum_{s \in S} \phi_{ws} \psi_{st} \rightarrow \max$$

Родительские темы t — «документы» с частотами термов n_{wt}

Регуляризатор Φ : построение второго уровня с подтемами S

Добавим в коллекцию $|T|$ псевдо-документов родительских тем с частотами термов $n_{wt} = \tau n_t \phi_{wt}$, $t \in T$



Матрица связей тем с подтемами $\Psi = (p(s|t))$ образуется в столбцах матрицы Θ , соответствующих псевдо-документам.

Регуляризатор Θ : родительские темы как модальность

Шаг 1. Строим модель с небольшим числом тем

Шаг k . Пусть модель с множеством тем T уже построена.
Строим множество дочерних тем S (subtopics), $|S| > |T|$

Родительские темы приближаются смесями дочерних тем:

$$\sum_{d \in D} n_d \text{KL}_t(p(t|d) \parallel \sum_{s \in S} p(t|s)p(s|d)) \rightarrow \min_{\Theta, \Psi},$$

где $\Psi = (\psi_{ts})_{T \times S}$ — (другая!) матрица связей, $\psi_{ts} = p(t|s)$

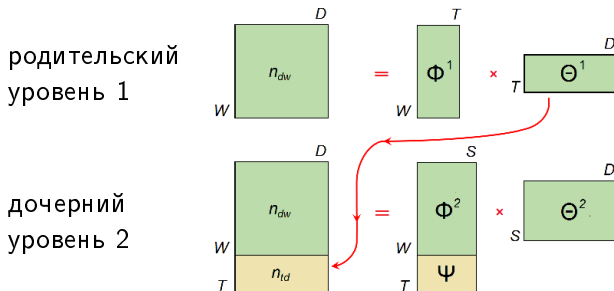
Родительская $\Theta^p \approx \Psi\Theta$, отсюда регуляризатор матрицы Θ :

$$R(\Theta, \Psi) = \tau \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} n_{td} \ln \sum_{s \in S} \psi_{ts} \theta_{sd} \rightarrow \max$$

Родительские темы t — модальность с частотами термов n_{td}

Регуляризатор Θ : построение второго уровня с подтемами S

Добавим в каждый документ модальность родительских тем с частотами термов $n_{td} = \tau n_d \theta_{td}$, $t \in T$



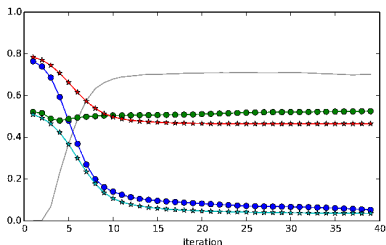
Матрица связей тем с подтемами $\Psi = (p(t|s))$ образуется в строках матрицы Φ , соответствующих родительским темам.

Chirkova N.A., Vorontsov K.V. Additive regularization for hierarchical multimodal topic modeling. JMLDA, 2016.

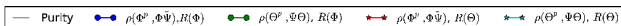
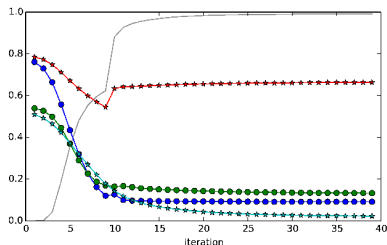
Эксперимент на коллекции ММРО-ИОИ

Среднее расстояние Хеллингера $\rho(\Phi^P, \Phi\tilde{\Psi})$ и $\rho(\Theta^P, \Psi\Theta)$ для регуляризаторов $R(\Phi)$ и $R(\Theta)$ при переходе с уровня 1 на 2:

Разреживание Φ с 1-й итерации



Разреживание Φ с 10-й итерации



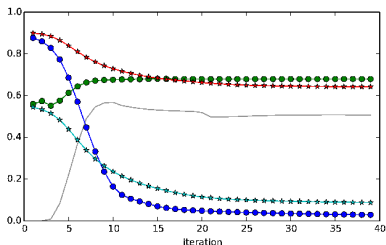
Выводы. $R(\Theta)$ плохо приближает Φ^P . При разреживании Φ с 10-й итерации $R(\Phi)$ хорошо приближает Φ^P и Θ^P

Chirkova N. A., Vorontsov K. V. Additive regularization for hierarchical multimodal topic modeling. JMLDA, 2016.

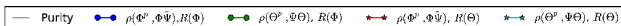
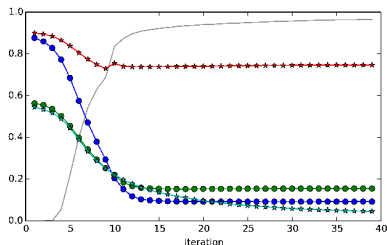
Эксперимент на коллекции ММРО-ИОИ

Среднее расстояние Хеллингера $\rho(\Phi^P, \Phi\tilde{\Psi})$ и $\rho(\Theta^P, \Psi\Theta)$ для регуляризаторов $R(\Phi)$ и $R(\Theta)$ при переходе с уровня 2 на 3:

Разреживание Φ с 1-й итерации



Разреживание Φ с 10-й итерации



Выводы. $R(\Theta)$ плохо приближает Φ^P . При разреживании Φ с 10-й итерации $R(\Phi)$ хорошо приближает Φ^P и Θ^P

Chirkova N. A., Vorontsov K. V. Additive regularization for hierarchical multimodal topic modeling. JMLDA, 2016.

Выводы

- $R(\Phi)$ лучше $R(\Theta)$, т.к. добавлять псевдо-документы удобнее, чем вставлять модальности в каждый документ
- $R(\Phi)$ хорошо приближает $\Phi^P \approx \Phi\tilde{\Psi}$ и $\Theta^P \approx \Psi\Theta$ при осторожном (с 10-й итерации) разреживании Φ
- $R(\Theta)$ приближает только $\Theta^P \approx \Psi\Theta$
- сильное разреживание $\psi_{ts} \in \{0, 1\}$ даёт иерархию-дерево
- нельзя допускать вырождения $\psi_{ts} = p(t|s) \equiv 0$

Трудные и/или открытые проблемы:

- тематические иерархии с ветвлением различной глубины
- автоматическое оценивание качества иерархии
- автоматическое именование подтем с учётом родительской
- определение типа документа по его следу в иерархии

Иерархическая тематизация коллекции научных публикаций

След документа в глубокой тематической иерархии определяет его тип — степень специализации, назначение, аудиторию:



узко специализированный,
для профессионалов



междисциплинарное исследование,
для профессионалов



обзорный,
для ознакомления с предметной областью



популярный или энциклопедический,
для самообразования, расширения кругозора

Две коллекции новостей про технологии

Habrahr.ru

175 143 статей на русском
10 552 слов (униграмм)
742 000 биграмм
524 авторов статей
10 000 авторов комментариев
2546 тегов
123 хаба (категории)

TechCrunch.com

759 324 статей на английском
11 523 слов (униграмм)
1.2 млн. биграмм
605 авторов
184 категорий

Предобработка текстов

- отброшены 5% наиболее частотных слов (общая лексика)
- удалена пунктуация, ё→е, лемматизация rymorphy2

Анастасия Янина. Тематические и нейросетевые модели языка для разведочного информационного поиска. Диссертация к.ф.-м.н., МФТИ. 2022.

Методика оценивания качества разведочного поиска

Поисковый запрос

набор ключевых слов или фрагментов текста, около одной страницы A4

Поисковая выдача

документы d с распределением $p(t|d)$, близким к распределению $p(t|q)$ запроса

Два задания ассессорам

- 1 найти как можно больше статей, пользуясь любыми средствами поиска (и засечь время)
- 2 оценить релевантность поисковой выдачи на том же запросе

Поисковик MapReduce

Поисковик MapReduce – программа поиска (поисковик) вычислений распределенных вычислений для больших объемов данных в рамках параллельных вычислений, представляющая собой набор Java-классов и исполняемых утилит для создания и обработки данных на параллельную обработку.

Основные компоненты Поисковика MapReduce можно сформулировать как:

- обработка вычислений больших объемов данных;
- масштабируемость;
- автоматическое распределение заданий;
- работа на невидимых обрабатывающих узлах;
- автоматическая обработка отказов вычислений заданий.

Поисковик – популярная программная платформа (**поисковик, вычислений**) построена распределенных приложений для массово-параллельной обработки (**задачи, работы, процессы, МРУ**) данных.

Поисковик включает в себе следующие компоненты:

1. HDFS – распределенная файловая система;
2. **Поисковик MapReduce** – программная платформа (**вычислений**) вычислений распределенных вычислений для больших объемов данных в рамках параллельных вычислений.

Ключевые, основные, в архитектуре Поисковика MapReduce и структура HDFS, стали привычной речью ученых и специалистов, в том числе и в научных статьях. Это, в конечном итоге, определило название платформы **Поисковик в целом. К сожалению можно отметить**

Ограничение масштабируемости кластера **Поисковик** – не масштабируемый утилита, – не масштабируемая утилита.

Сильная связность **Поисковика** распределенных вычислений и элементов вычисления, реализованных распределенных алгоритмов. Как следствие:

Отсутствие поддержки алгоритмической программы вычисления распределенных вычислений в **Поисковик т.е. поддерживается только модель вычислений **mapreduce**.**

Многие вычисления, такие, как сложение, вычисление суммы элементов в среднем с вычислениями требующими в вычислениях;

Проблема **вычислений** совместности требования по единичности вычислениям всех вычислений утилит кластера при обилии платформ **Поисковик** (установка новой версии или пакета обновлений).

Пример запроса для разведочного поиска

Пример: фрагмент запроса «Система IBM Watson»

IBM Watson — суперкомпьютер фирмы IBM, оснащённый вопросно-ответной системой искусственного интеллекта, созданный группой исследователей под руководством Дэвида Феруччи. Его создание — часть проекта DeepQA. Основная задача Уотсона — понимать вопросы, сформулированные на естественном языке, и находить на них ответы в базе данных. Назван в честь основателя IBM Томаса Уотсона.

IBM Watson представляет собой когнитивную систему, которая способна понимать, делать выводы и обучаться. Она также позволяет преобразовывать целые отрасли, различные направления науки и техники. Например, предсказывать появление эпидемий или возникновения очагов природных катастроф в различных регионах, вести мониторинг состояния атмосферы больших городов, оптимизировать бизнес-процессы, узнавать, какие товары будут в тренде в ближайшее время.

... ..

Релевантные тексты: примеры сервисов и приложений, основа которых — когнитивная платформа IBM Watson, используемые в IBM Watson технологии, вопрос-ответные системы, сопоставление IBM Watson с Wolfram-Alpha.

Нерелевантные тексты: общие вопросы искусственного интеллекта, другие коммерческие решения на рынке бизнес-аналитики.

Тематика запросов разведочного поиска

Примеры заголовков разведочных запросов к Хабру
(объём каждого запроса — около одной страницы A4):

Алгоритмы раскраски графов	Система IBM Watson
Рекомендательная система Netflix	3D-принтеры
Методики быстрого набора текста	CERN-кластер
Космические проекты Илона Маска	АВ-тестирование
Технологии Hadoop MapReduce	Облачные сервисы
Беспилотный автомобиль Google car	Контекстная реклама
Криптосистемы с открытым ключом	Марсоход Curiosity
Обзор платформ онлайн-курсов	Видеокарты NVIDIA
Data Science Meetups в Москве	Распознавание образов
Образовательные проекты mail.ru	Сервисы Google scholar
Межпланетная станция New horizons	MIT MediaLab Research
Языковая модель word2vec	Платформа Microsoft Azure

Векторный поиск тематически близких документов

$\theta_{tq} = p(t|q)$ — тематический вектор запроса q

$\theta_{td} = p(t|d)$ — тематические векторы документов $d \in D$

Косинусная мера близости документа d и запроса q :

$$\text{sim}(q, d) = \frac{\sum_t \theta_{tq} \theta_{td}}{(\sum_t \theta_{tq}^2)^{1/2} (\sum_t \theta_{td}^2)^{1/2}}.$$

Ранжируем документы коллекции $d \in D$ по убыванию $\text{sim}(q, d)$

Выдача тематического поиска — k первых документов.

Реализация: *векторный индекс* для быстрого поиска документов d по каждой из тем t запроса

A.Ianina, L.Golitsyn, K.Vorontsov. Multi-objective topic modeling for exploratory search in tech news. AINL, 2017.

A.Ianina, K.Vorontsov. Regularized multimodal hierarchical topic model for document-by-document exploratory search. FRUCT-ISMW, 2019.

Оценивание качества поиска

Precision — доля релевантных среди найденных

Recall — доля найденных среди релевантных

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \text{ — точность (precision)}$$

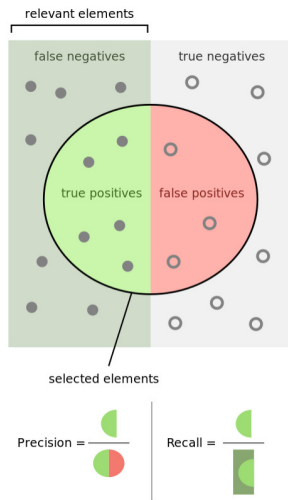
$$R = \frac{TP}{TP + FN} \text{ — полнота, (recall)}$$

$$F_1 = \frac{2PR}{P + R} \text{ — F1-мера}$$

TP (true positive) — найденные релевантные

FP (false positive) — найденные нерелевантные

FN (false negative) — не найденные релевантные



Какие модели поиска сравнивались

- **assessors**: результаты поиска, выполненного ассессорами
- **TF-IDF, BM25**: сравнение документов по частотам слов
- **word2vec**: нетематические векторные представления слов
- **PLSA**: Probabilistic Latent Semantic Analysis (1999)
- **LDA**: Latent Dirichlet Allocation (2001)
- **ARTM**: тематическая модель с тремя регуляризаторами
- **hARTM**: иерархические модели ARTM 2x и 3x уровней

Задачи регуляризаторов в ARTM и hARTM:

- сделать темы как можно более различными
- сделать векторы $p(t|d)$ как можно более разреженными
- не допустить вырожденности распределений $p(w|t)$

Стратегия регуляризации

Последовательное применение трёх регуляризаторов

- 1 декоррелирование тем:

$$R(\Phi) = -\tau \sum_{s,t \in T} \sum_{w \in W} \phi_{wt} \phi_{ws}$$

- 2 разреживание распределений $p(t|d)$:

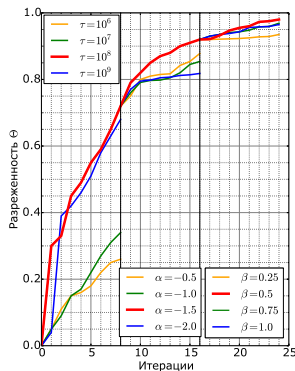
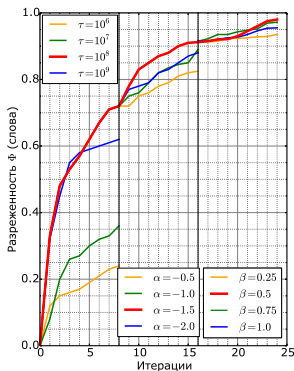
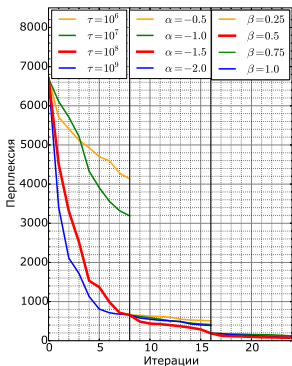
$$R(\Theta) = -\alpha \sum_{d,t} \ln \theta_{td}$$

- 3 сглаживание распределений $p(w|t)$:

$$R(\Phi) = \beta \sum_{t,w} \ln \phi_{wt}$$

Последовательный подбор коэффициентов регуляризации

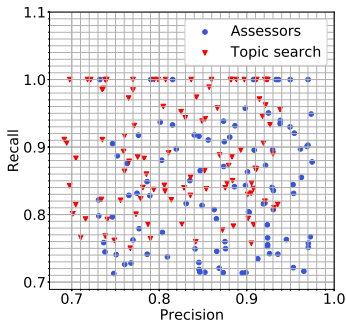
- декоррелирование распределений термов в темах (τ),
- разреживание распределений тем в документах (α),
- сглаживание распределений термов в темах (β).



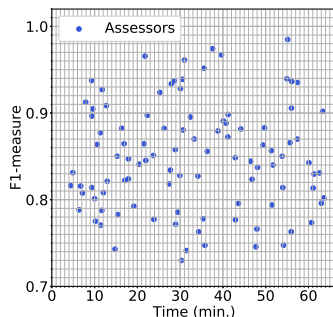
Результаты измерения точности и полноты по запросам

100 запросов, 3 ассессора на запрос

точность и полнота поиска



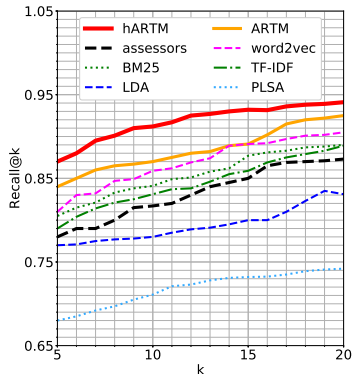
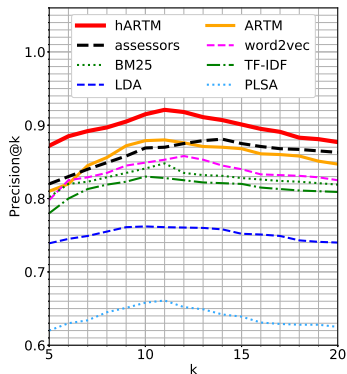
время и F_1 -мера (ассессоры)



- среднее время обработки запроса ассессором — 30 минут
- точность выше у ассессоров, полнота — у поисковика

Сравнение с ассессорами по качеству поиска

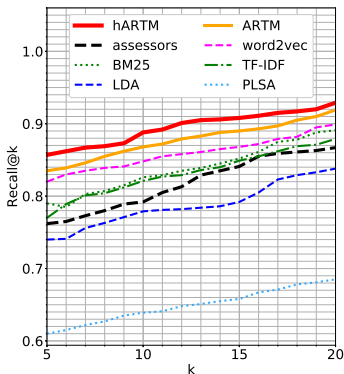
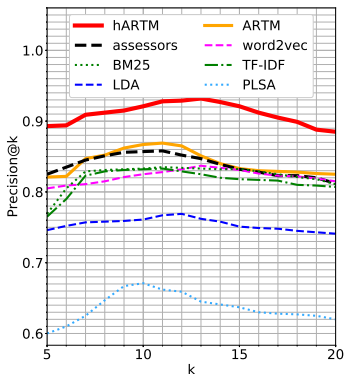
Точность и полнота по первым k позициям поисковой выдачи
(коллекция Habrahabr.ru)



A.Ianina, K.Vorontsov. Regularized multimodal hierarchical topic model for document-by-document exploratory search. 2019.

Сравнение с ассессорами по качеству поиска

Точность и полнота по первым k позициям поисковой выдачи
(коллекция TechCrunch.com)



A. Ianina, K. Vorontsov. Regularized multimodal hierarchical topic model for document-by-document exploratory search. 2019.

Влияние числа тем на качество поиска

Все регуляризаторы и модальности, **плоская модель**

	Habrahabr						TechCrunch					
	асесс	100	150	200	250	400	асесс	350	400	450	475	500
Pr@5	0.821	0.662	0.721	0.810	0.761	0.693	0.822	0.653	0.725	0.752	0.819	0.777
Pr@10	0.869	0.761	0.812	0.879	0.825	0.673	0.851	0.663	0.732	0.762	0.867	0.811
Pr@15	0.875	0.733	0.795	0.868	0.791	0.651	0.835	0.682	0.743	0.787	0.833	0.793
Pr@20	0.863	0.724	0.795	0.847	0.792	0.642	0.813	0.650	0.743	0.773	0.825	0.793
R@5	0.780	0.732	0.807	0.840	0.821	0.721	0.762	0.731	0.762	0.793	0.835	0.817
R@10	0.817	0.771	0.843	0.870	0.851	0.751	0.792	0.763	0.793	0.812	0.868	0.855
R@15	0.850	0.824	0.895	0.891	0.871	0.773	0.835	0.782	0.807	0.855	0.890	0.882
R@20	0.873	0.857	0.905	0.925	0.892	0.771	0.867	0.792	0.823	0.862	0.919	0.903

- существует оптимальное число тем
- чем больше коллекция, тем больше оптимум числа тем

Влияние числа тем на качество поиска

Nabrahabr. Все регуляризаторы и модальности, **два уровня**

$ T_1 $	20		25			30					
$ T_2 $	150	200	250	275	300	400	450				
Pr@5	0.621	0.742	0.839	0.850	0.865	0.869	0.869	0.803	0.769	0.701	0.670
Pr@10	0.645	0.749	0.850	0.861	0.879	0.911	0.895	0.809	0.796	0.719	0.689
Pr@15	0.635	0.751	0.848	0.869	0.873	0.893	0.887	0.807	0.781	0.721	0.701
Pr@20	0.630	0.745	0.841	0.855	0.864	0.874	0.875	0.800	0.775	0.709	0.675
R@5	0.628	0.773	0.843	0.865	0.881	0.881	0.868	0.849	0.839	0.715	0.691
R@10	0.652	0.782	0.855	0.871	0.902	0.918	0.877	0.871	0.845	0.745	0.699
R@15	0.671	0.801	0.870	0.889	0.929	0.939	0.901	0.883	0.861	0.781	0.722
R@20	0.680	0.819	0.886	0.892	0.955	0.955	0.907	0.901	0.872	0.801	0.729

- существует оптимальное число тем на каждом уровне
- два уровня лучше, чем один
- увеличивается оптимальное число тем на нижнем уровне

Влияние числа тем на качество поиска

Nabrahabr. Все регуляризаторы и модальности, **три уровня**

$ T_1 $	20		25					30			
$ T_2 $	150	200	250		275			300		400	450
$ T_3 $	750	800	1200	1300	1300	1400	1500	1500	1600	3000	3500
Pr@5	0.625	0.743	0.840	0.852	0.869	0.872	0.870	0.805	0.771	0.705	0.672
Pr@10	0.648	0.754	0.851	0.867	0.882	0.915	0.901	0.811	0.799	0.722	0.694
Pr@15	0.632	0.752	0.850	0.872	0.878	0.895	0.889	0.809	0.785	0.729	0.703
Pr@20	0.629	0.745	0.845	0.861	0.871	0.877	0.882	0.803	0.778	0.710	0.681
R@5	0.632	0.780	0.845	0.869	0.883	0.889	0.872	0.851	0.841	0.721	0.695
R@10	0.654	0.792	0.859	0.873	0.905	0.922	0.881	0.873	0.850	0.749	0.703
R@15	0.675	0.805	0.874	0.892	0.932	0.942	0.905	0.889	0.863	0.787	0.725
R@20	0.684	0.824	0.889	0.901	0.958	0.961	0.912	0.904	0.878	0.805	0.734

- существует оптимальное число тем на каждом уровне
- три уровня лучше, чем один или два
- увеличивается оптимальное число тем на нижнем уровне

Влияние числа тем на качество поиска

TechCrunch. Все регуляризаторы и модальности, **два уровня**

$ T_1 $	80		100			120					
$ T_2 $	300	350	500	550	600	700	750				
Pr@5	0.651	0.701	0.749	0.789	0.883	0.889	0.889	0.785	0.721	0.701	0.675
Pr@10	0.675	0.709	0.771	0.821	0.891	0.918	0.902	0.803	0.738	0.718	0.691
Pr@15	0.687	0.712	0.773	0.827	0.899	0.919	0.905	0.817	0.741	0.721	0.701
Pr@20	0.683	0.707	0.759	0.815	0.885	0.888	0.895	0.805	0.732	0.716	0.679
R@5	0.749	0.791	0.801	0.854	0.868	0.875	0.861	0.849	0.829	0.731	0.701
R@10	0.765	0.809	0.823	0.873	0.890	0.904	0.875	0.867	0.835	0.745	0.708
R@15	0.771	0.820	0.841	0.882	0.909	0.921	0.895	0.890	0.848	0.769	0.717
R@20	0.778	0.825	0.851	0.887	0.928	0.942	0.929	0.901	0.869	0.785	0.728

- существует оптимальное число тем на каждом уровне
- два уровня лучше, чем один
- увеличивается оптимальное число тем на нижнем уровне

Влияние числа тем на качество поиска

TechCrunch. Все регуляризаторы и модальности, **три уровня**

$ T_1 $	80		100						120		
$ T_2 $	300	350	500		550			600		700	750
$ T_3 $	1500	1700	2500	2600	2600	2800	3000	3000	3200	4500	4700
Pr@5	0.655	0.707	0.751	0.792	0.887	0.893	0.890	0.789	0.722	0.703	0.678
Pr@10	0.678	0.712	0.773	0.823	0.895	0.922	0.905	0.805	0.741	0.722	0.692
Pr@15	0.692	0.715	0.775	0.831	0.902	0.921	0.907	0.821	0.743	0.725	0.703
Pr@20	0.687	0.709	0.761	0.819	0.889	0.885	0.898	0.809	0.736	0.719	0.683
R@5	0.751	0.795	0.802	0.856	0.871	0.877	0.863	0.852	0.831	0.738	0.705
R@10	0.767	0.812	0.825	0.875	0.892	0.908	0.879	0.871	0.842	0.751	0.711
R@15	0.772	0.824	0.841	0.887	0.912	0.927	0.901	0.893	0.854	0.772	0.721
R@20	0.783	0.830	0.854	0.892	0.931	0.949	0.935	0.905	0.871	0.790	0.732

- существует оптимальное число тем на каждом уровне
- три уровня лучше, чем один или два
- увеличивается оптимальное число тем на нижнем уровне

Влияние модальностей на качество поиска

Все регуляризаторы и модальности, 3 уровня, оптимальное $|T|$
Модальности: Words, Bigrams, Authors, Comments, Tags, Hubs, Categories

	Habrahbr						TechCrunch					
	асесс	W	Com	WB	WBTH	All	асесс	W	C	WB	WBC	All
Pr@5	0.821	0.621	0.558	0.673	0.871	0.872	0.822	0.718	0.569	0.795	0.891	0.893
Pr@10	0.869	0.645	0.567	0.712	0.911	0.915	0.851	0.729	0.592	0.807	0.919	0.922
Pr@15	0.875	0.631	0.532	0.693	0.894	0.895	0.835	0.737	0.603	0.803	0.920	0.921
Pr@20	0.863	0.628	0.531	0.688	0.877	0.877	0.813	0.729	0.594	0.792	0.883	0.885
R@5	0.780	0.725	0.645	0.797	0.888	0.889	0.762	0.754	0.659	0.775	0.874	0.877
R@10	0.817	0.748	0.652	0.812	0.921	0.922	0.792	0.778	0.671	0.808	0.908	0.908
R@15	0.850	0.782	0.679	0.842	0.941	0.942	0.835	0.783	0.679	0.825	0.927	0.927
R@20	0.873	0.789	0.672	0.852	0.960	0.961	0.867	0.785	0.711	0.837	0.949	0.949

- лучше использовать все модальности
- биграммы и категории выигрывают у ассессоров
- авторы и комментаторы наименее важны

Влияние регуляризаторов на качество поиска

Все регуляризаторы и модальности, 3 уровня, оптимальное | T |

Регуляризаторы: Decorrelation, Θ-sparsing, Φ-smoothing, Hierarchy

	Habrahabr					TechCrunch				
	нет	D	DΘ	DΦ	DΘΦ	нет	D	DΘ	DΦ	DΘΦ
Pr@5	0.628	0.772	0.771	0.865	0.872	0.652	0.777	0.779	0.879	0.893
Pr@10	0.653	0.781	0.812	0.883	0.915	0.679	0.788	0.819	0.895	0.922
Pr@15	0.642	0.785	0.792	0.891	0.895	0.669	0.791	0.798	0.901	0.921
Pr@20	0.643	0.771	0.783	0.875	0.877	0.673	0.775	0.792	0.892	0.885
R@5	0.692	0.820	0.805	0.875	0.889	0.673	0.825	0.812	0.869	0.877
R@10	0.714	0.831	0.834	0.905	0.922	0.685	0.856	0.845	0.881	0.908
R@15	0.725	0.847	0.867	0.921	0.942	0.712	0.877	0.869	0.912	0.927
R@20	0.735	0.873	0.891	0.943	0.961	0.723	0.892	0.895	0.934	0.949

- Лучше использовать все регуляризаторы
- Модели со слабой регуляризацией (PLSA, LDA) слабы

Влияние функции близости на качество поиска

Все регуляризаторы и модальности, 3 уровня, оптимальное |T|
Функции близости: Euclidean, Cosine, Manhattan, Hellinger, KL-div

	Habrahabr					TechCrunch				
	Eu	cos	Ma	He	KL	Eu	cos	Ma	He	KL
Pr@5	0.652	0.872	0.772	0.725	0.741	0.647	0.893	0.752	0.742	0.735
Pr@10	0.693	0.915	0.798	0.749	0.772	0.658	0.922	0.794	0.758	0.751
Pr@15	0.695	0.895	0.803	0.737	0.751	0.672	0.921	0.801	0.745	0.742
Pr@20	0.671	0.877	0.789	0.731	0.738	0.652	0.885	0.793	0.739	0.738
R@5	0.693	0.889	0.721	0.742	0.833	0.688	0.877	0.708	0.733	0.858
R@10	0.715	0.922	0.732	0.775	0.868	0.692	0.908	0.715	0.753	0.872
R@15	0.732	0.942	0.739	0.791	0.892	0.724	0.927	0.719	0.785	0.895
R@20	0.741	0.961	0.721	0.812	0.902	0.732	0.949	0.711	0.808	0.901

- косинусная функция близости уверенно лидирует

Выводы по результатам экспериментов

- Регуляризаторы, улучшающие интерпретируемость тем, повышают также и качество поиска
- Иерархия улучшает качество поиска (в основном точность) благодаря постепенному сужению области поиска
- Подбор траектории регуляризации и оптимизация коэффициентов регуляризации улучшает качество поиска
- Ассессорские данные относятся не к темам, а к коллекции; поэтому с их помощью можно оценивать новые модели
- Небольших ассессорских данных хватает для оценивания тематических моделей, т. к. они обучаются *без учителя*
- При тщательной оптимизации тематический поиск превосходит как ассессоров, так и конкурирующие модели

A. Ianina, K. Vorontsov. Regularized multimodal hierarchical topic model for document-by-document exploratory search. 2019.

Концепция «мастерской знаний»

«Огромное и все возрастающее богатство знаний разбросано сегодня по всему миру. Этих знаний, вероятно, было бы достаточно для решения всего громадного количества трудностей наших дней, но они рассеяны и неорганизованы. Нам необходима очистка мышления в *своеобразной мастерской*, где можно **получать, сортировать, суммировать, усваивать, разъяснять и сравнивать** знания и идеи»
— Герберт Уэллс, 1940

“An immense and ever-increasing wealth of knowledge is scattered about the world today; knowledge that would probably suffice to solve all the mighty difficulties of our age, but it is dispersed and unorganized. We need a sort of mental clearing house for the mind: a depot where knowledge and ideas are **received, sorted, summarized, digested, clarified and compared**”
— *Herbert Wells, 1940*



От поиска информации к «Мастерской знаний»

Недостатки обычного поиска:

- как искать новые знания?
- что делать с найденным?



Мастерская знаний — инструментарий для автоматизации **последующих этапов** работы с профессиональными знаниями:

- ищу публикации — чтобы их сохранять и накапливать
- накапливаю — чтобы перечитывать, понимать, анализировать
- анализирую — чтобы извлекать и систематизировать знания
- систематизирую — чтобы применять и передавать знания

Эти задачи связаны с *автоматической обработкой текстов* (только применение знаний остаётся за рамками системы)

Концепция сервисов «Мастерской знаний»

Подборка — долгосрочный поисковый интерес пользователя

Поисково-рекомендательные функции:

- поиск тематически близких документов по *подборке*
- мониторинг новых документов для *подборки*
- контекстные рекомендации по документу из *подборки*

Аналитические функции:

- автоматизация реферирования *подборки*
- тематическая кластеризация *подборки*
- хронологизация и выделение трендов в *подборке*
- рекомендация порядка чтения внутри *подборки*

Коммуникативные функции:

- совместное составление и использование *подборок*
- интерактивная визуализация и инфографика по *подборке*

Поисково-рекомендательная система SciSearch.ru

Тематическая **подборка** пользователя:

The screenshot shows a web browser window with the URL <https://arxiv.aitha.com/collections/Q29sbGVjdGlvbjozUFTUEFxaHBH>. The page has a dark blue header with navigation tabs: FEEDS, SEARCH, and COLLECTIONS (circled in red). On the right side of the header, there are links for 'About', 'FAQ', and the user's name 'Konstantin Vorontsov' (circled in red). Below the header, the main title is 'MOOC (massive open online course)'. A secondary tab 'PAPERS' (circled in red) is visible. The page content displays a list of papers under the heading 'RECOMMENDED'. The first paper is 'Towards Feature Engineering at Scale for Data from Massive Open Online Courses' by Kalyan Veeramachaneni, Una-May O'Reilly, and Colin Taylor, dated 19 JUL 2014. It has 6 citations and includes icons for bookmark, like, and share. The second paper is 'Reciprocal Recommender System for Learners in Massive Open Online Courses (MOOCs)' by Sankalp Prabhakar, Gerasimos Spanakis, and Osmar Zaiane, dated 2 JUL 2017. It has 0 citations and also includes bookmark, like, and share icons.

Поисково-рекомендательная система SciSearch.ru

Список статей, рекомендуемых для добавления в **подборку**:

The screenshot shows the SciSearch.ru interface. At the top, there are navigation tabs: FEEDS, SEARCH, and COLLECTIONS. Below these, there are links for 'About', 'FAQ', and 'Konstantin Vorontsov'. The main heading is 'MOOC (massive open online course)'. Below the heading, there are two tabs: 'PAPERS' and 'RECOMMENDED'. The 'RECOMMENDED' tab is circled in red, and a red arrow points from the 'PAPERS' tab to it. The list of papers includes:

- 2 JUN 2019**
A Survey of Natural Language Generation Techniques with a Focus on Dialogue Systems - Past, Present and Future Directions
Sashank Santhanam, Samira Shaikh
One of the hardest problems in the area of Natural Language Processing and Artificial Intelligence is automatically generating language that is coherent and understandable to humans. Teaching machines how to converse as humans do falls under the broad umbrella of Natural Language Generation. Recent years have seen unprecedented growth in the number of research articles published on this subject in conferences and journals both by academic and industry researchers. There have...
Citations: 6
- 20 SEP 2014**
Capturing "attrition intensifying" structural traits from didactic interaction sequences of MOOC learners
Tanmay Sinha, Nan Li, Patrick Jermann, Pierre Dillenbourg
This work is an attempt to discover hidden structural configurations in learning activity sequences of students in Massive Open Online Courses (MOOCs). Leveraging combined representations of video clickstream interactions and forum activities, we seek to fundamentally understand traits that are predictive of decreasing engagement over time. Grounded in the interdisciplinary field of network science, we follow a graph based approach to successfully extract indicators of active and...
Citations: 0

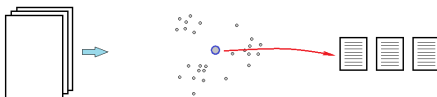
Поисково-рекомендательная система SciSearch.ru

Добавление статьи из списка рекомендаций в **подборку**:

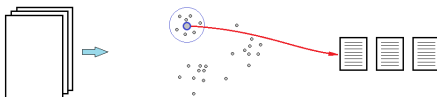
The screenshot shows a web browser window with the URL <https://arxiv.aitha.com/collections/Q29sbGVjZjGjVjzUfVTUEFxaHBH>. The page title is "MOOC (massive open online course)". The main content area displays a list of papers under the heading "PAPERS". The first paper is "A Survey of Natural Language Generation T...", by Sashank Santhanam and Samira Shaikh. The second paper is "Capturing 'attrition intensifying' structural t...", by Tanmay Sinha, Nan Li, Patrick Jermann, and Pierre Dillenbourg. A red circle highlights the bookmark icon for the second paper. A modal dialog box titled "Add to collections" is open, showing a list of collection options: "Exploratory Search", "MOOC (massive open online course)", "Opinion Mining and Sentiment Analysis with Topic Modeling", "Textual Complexity and Readability", and "Topic modeling of genomic data". The "MOOC (massive open online course)" option is selected with a radio button. A red circle highlights this option. Below the list is a blue "SAVE CHANGES" button, also circled in red. A "NEW COLLECTION" link is visible at the bottom of the dialog. In the background, a "RECOMMENDED" label is circled in red.

Стратегии векторного поиска документов по подборке

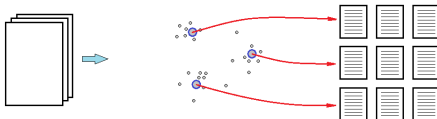
Поиск по среднему вектору **подборки** (неудачная стратегия):



Поиск по части **подборки**, близкой к выбранному документу:

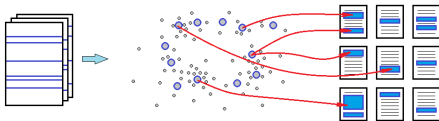


Поиск по тематике кластеров, на которые делится **подборка**:

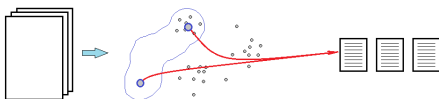


Стратегии векторного поиска документов по подборке

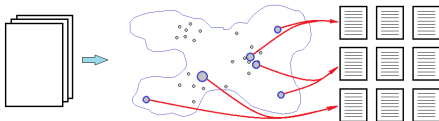
Поиск по тематике сегментов документов подборки:



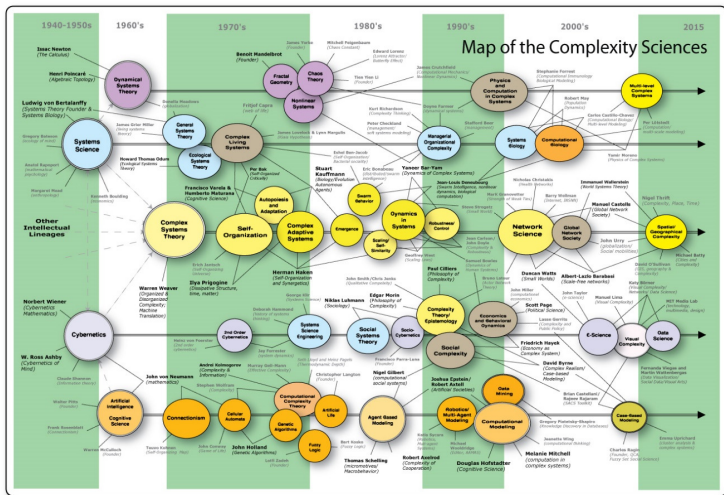
Поиск по тематике, смежной для части подборки:



Поиск по тематике, смежной для всей подборки:



Пример карты предметной области (построено вручную)



<http://www.theoryculturesociety.org/brian-castellani-on-the-complexity-sciences>

Тематическая модель для научного поиска должна быть...

- 1 **Интерпретируемая**: объяснять смысла каждой темы
- 2 **Иерархическая**: разделять тем на подтемы
- 3 **Динамическая**: проследивать темы во времени
- 4 **Мультимодальная**: слова, авторы, категории, связи, теги,...
- 5 **Мультиграммная**: слова, термины-словосочетания
- 6 **Мультиязычная** для кросс- и много-языкового поиска
- 7 **Сегментирующая** документ на тематические блоки
- 8 **Обучаемая** по обратной связи с пользователями
- 9 **Определяющая число тем** автоматически
- 10 **Создающая и именующая новые темы** автоматически
- 11 **Онлайновая**: обрабатывать поток документов
- 12 **Параллельная, распределённая** при больших данных

Резюме

Разведочный информационный поиск (exploratory search):

- это поиск по смыслу, а не по ключевым словам
- строится на векторных представлениях текста (тематических или нейросетевых эмбедингах текста)
- требует от тематических моделей многофункциональности
- является одной из главных мотиваций для ARTM,
- в том числе для мультимодальных и иерархических ARTM

Открытые проблемы:

- тематизация подборок с дисбалансом тем
- автоматическое именованное и суммаризация темы
- эффективные методы визуализации (картирования)

Упражнения на принцип максимума правдоподобия:

1. Униграммная модель документов: $p(w|d) = \xi_{dw}$

Найти параметры модели ξ_{dw} .

2. Униграммная модель коллекции: $p(w|d) = \xi_w$ для всех d

Найти параметры модели ξ_w .

Подсказка: применить условия ККТ или основную лемму.

3. (более творческое задание)

Предложите модель, определяющую роли слов в текстах:

— тематические слова

— специфичные слова документа (шум)

— слова общей лексики (фон)

Подсказка 1: искать распределение ролей слов $p(r|w)$, $r \in \{\text{т, ш, ф}\}$.

Подсказка 2: можно разреживать $p(r|w)$ для жёсткого определения ролей.

Подсказка 3: можно использовать документную частоту слов.

4. Заменяем \log другой монотонно возрастающей функцией μ :

$$\sum_{d \in D} \sum_{w \in d} n_{dw} \mu \left(\sum_{t \in T} \phi_{wt} \theta_{td} \right) + R(\Phi, \Theta) \rightarrow \max_{\Phi, \Theta}$$

Как изменится EM-алгоритм? Возможно ли подобрать функцию μ так, чтобы сократился объём вычислений?

5. Заменяем \log монотонно возрастающей функцией μ в регуляризаторе сглаживания–разреживания (модель LDA):

$$R(\Phi, \Theta) = \sum_{t \in T} \sum_{w \in W} \beta_w \mu(\phi_{wt}) + \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} \alpha_t \mu(\theta_{td}).$$

Как изменится M-шаг и воздействие регуляризатора на модель?

6. Какому регуляризатору соответствует формула M-шага

$$\phi_{wt} = \text{norm}_w(n_{wt} [n_{wt} > \gamma n_t])$$

Аналитик построил тематическую модель Φ^0, Θ^0 и отметил среди столбцов матрицы Φ^0 темы двух типов: удачные $T_+ \subset T$ и неудачные $T_- \subset T$.

Теперь он хочет построить модель ещё раз так, чтобы

- удачные темы остались в матрице Φ ;
- остальные темы построились по-другому и были не похожи на каждую из неудачных тем $t \in T_-$.

7. Предложите регуляризаторы для этого.

8. Не получится ли так, что новые темы будут отдаляться от суммы неудачных тем $\sum_{t \in T_-} \phi_{wt}^0$ вместо того, чтобы отдаляться от каждой из неудачных тем по отдельности? Почему это плохо и как этого избежать?

9. Предложите способ инициализации Φ для новой модели.

10. Для иерархической тематической модели с рег. $R(\Phi, \Psi)$ предложите способ разреживания матрицы связей $\Psi = (p(s|t))$, гарантирующий, что

- 1) у каждой родительской темы будет хотя бы одна дочерняя;
- 2) у каждой дочерней темы будет хотя бы одна родительская.

Подсказка: можно придумывать критерий регуляризации, а можно — формулу M-шага для матрицы Ψ .

11. Предложите способ гарантировать, что если родительская тема t получает только одну дочернюю s , то она переходит в неё целиком и как распределение: $p(w|s) = p(w|t)$.

12. Предложите способ согласования вероятностных смесей $p(w|t) \approx \sum_{s \in S} p(w|s)p(s|t)$ и $p(t|d) \approx \sum_{s \in S} p(t|s)p(s|d)$ с учётом тождества $p(s|t)p(t) = p(t|s)p(s)$