Информационный поиск: модели и методы

Игорь Некрестьянов
Санкт-Петербургский Университет
igor@meta.math.spbu.ru

Информационный поиск (ИП)

Цель: удовлетворить информационные потребности пользователя

Обсуждаемые темы:

- Модели ИП
- Критерии оценки качества поиска
- Поиск в Интернет
- Поиск по значимости

Модель ИП:

- Логическое представление документов
- Логическое представление запросов
- Framework моделирования представлений документов и запросов, их взаимосвязей
- Ранжирующая функция

Классификация моделей

- Булева модель
  (теория множеств и булева алгебра)
- Векторная модель
  (векторные пространства и линейная алгебра)
- Вероятностная модель
  (множества, теория вероятностей)

Классические модели подразумевают независимость слов (термов)

Булевы модели

- Модель на нечетких множествах
  (с термом запроса ассоциировано нечеткое множество документов)
- Расширенная булева модель
  - Расширяет булеву модель для использования весов термов
  - Обобщает модель на нечетких множествах и векторную модель (выбирая метрику)

Векторные модели

- Обобщенная векторная модель
  (учет корреляции между термами)
- Латентно-семантический анализ
  (отображение документов и запросов в пространство *концепций*)
- Нейронные сети
  (нейроны —термы документов и документы, многошаговое распространение сигнала)

Вычисление весов термов

- Частота терма t_i в документе d_j

$$tf_{i,j} = f_{i,j} / f_j$$

- Обратная частота термов в коллекции

$$idf_i = \log(N / n_i)$$

- Вычисление весов

$$w_{i,j} = tf_{i,j} \cdot idf_i \cdot norm_j$$

$$w_{i,q} = \frac{1}{2}(1 + tf_{i,q}) \cdot idf_i$$

Нормализация весов

Преимущества длинных документов:

- Больше различных термов
- Выше частоты термов

Методы нормализации:

- по максимальной частоте
- по длине вектора весов всех термов в данном документе
- по длине в байтах

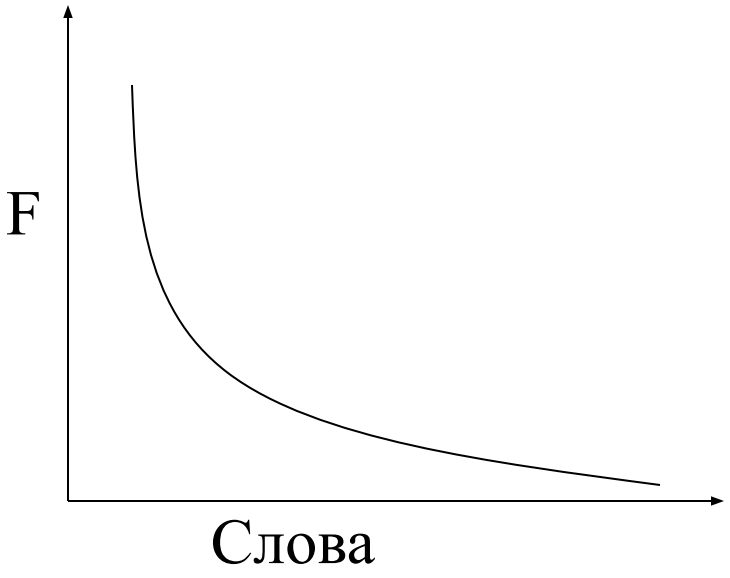
Вероятностные модели

- Вероятностный принцип
  Оценить вероятность того, что документ будет интересен пользователю
- Модель сетей вывода (inference networks)
  - На основе сети Байеса
  - Могут имитировать булеву модель, некоторые векторные модели, обратную связь
  - Реализована в Inquery

Моделирование языка

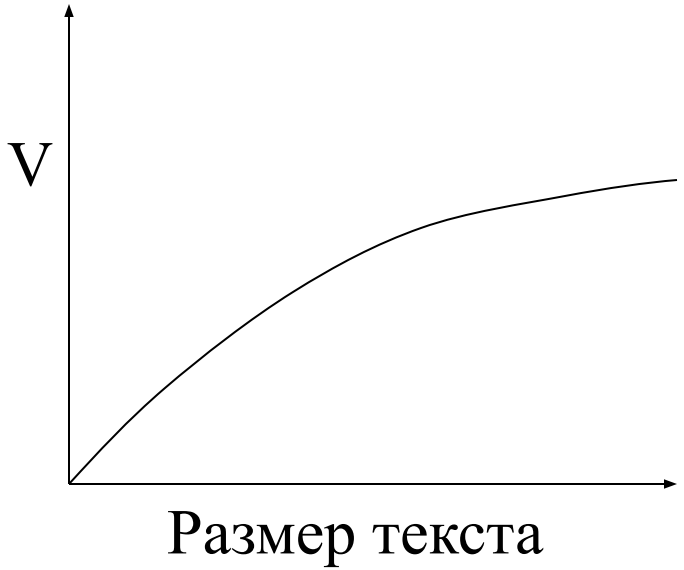
Zipf's Law

$$F(i) = i^{-\alpha}, \quad \alpha \approx 1.7$$



Heaps' Law

$$V = Kn^{\beta}, \quad \beta \approx 0.5$$



Предварительная обработка текста

- Лексический анализ
- Исключение стоп-слов
- Выделение основ слов (stemming)
- Выбор термов для индексирования (например только существительных)
- Тезаурусы (выделение категорий термов)

Языки запросов

- Запросы по ключевым словам
  - однословные
  - контекстные
  - логические
  - на естественном языке
- Запросы по шаблонам
- Протоколы запросов (Z39.50, WAIS)

Уточнение запросов:

- Изменение весов термов запроса
- Добавление новых термов в запрос

Основные подходы:

- Обратная связь (Relevance feedback)
- Автоматический локальный анализ
- Автоматический глобальный анализ

Критерии оценки

- Точность

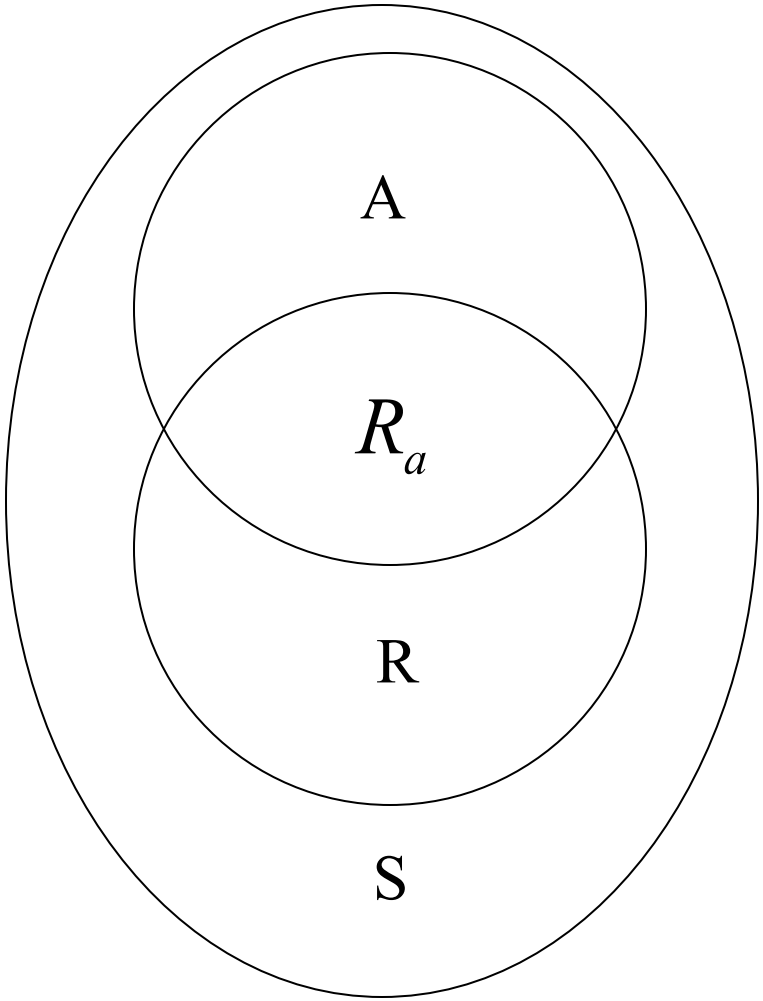
$$\text{Precision} = \frac{|\,R_a\,|}{|\,A\,|}$$

- Полнота

$$\text{Recall} = \frac{|\,R_a\,|}{|\,R\,|}$$

- Процент мусора

$$\text{Junk} = \frac{|\,A/R_a\,|}{|\,S/R\,|}$$



Критерии оценки (2)

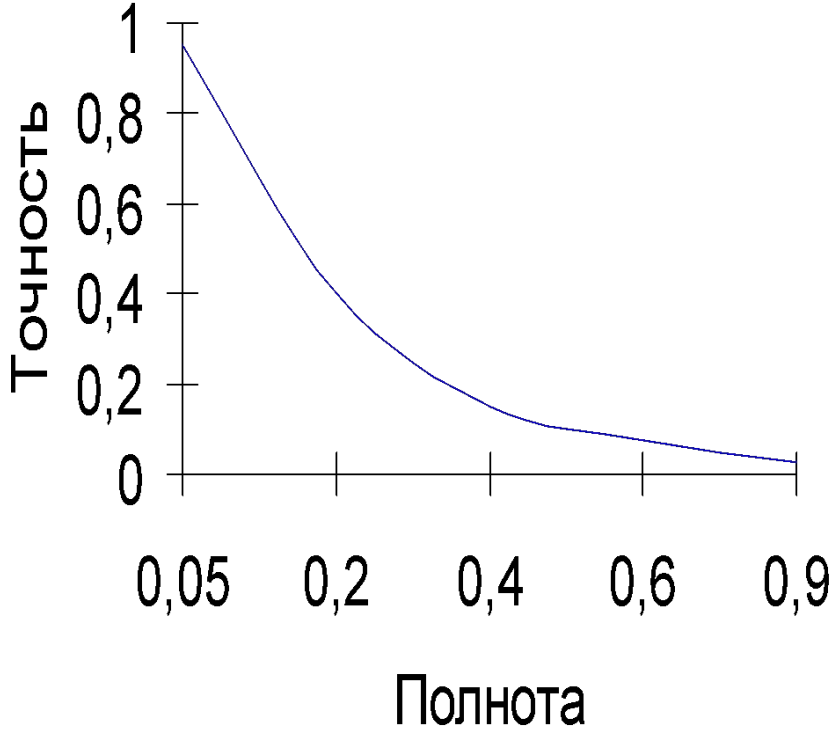
- Средняя точность

$$\overline{P}(r) = \sum_{i=1}^{N_q} \frac{P_i(r)}{N_q}$$

- Интерполяция

$$P(r_j) = \max_{r_j \le r \le r_{j+1}} P(r)$$

- По числу документов P@20, P@50, p@100



Критерии оценки (3)

- Точность на уровне обнаружения заданного числа релевантных документов
- Точность среди первых R возвращенных, где R – число реально релевантных (R-precision)
- Гистограммы точности (сравнение эффективности двух алгоритмов на каждом запросе)

Критерии оценки (4)

- Среднее гармоническое (b = 1)
  (компромисс между точностью и полнотой)
- E-мера
  (учет предпочтений пользователя)

$$E(j) = \frac{1 + b^2}{\frac{b^2}{r(j)} + \frac{1}{P(j)}}$$

Критерии оценки (5)

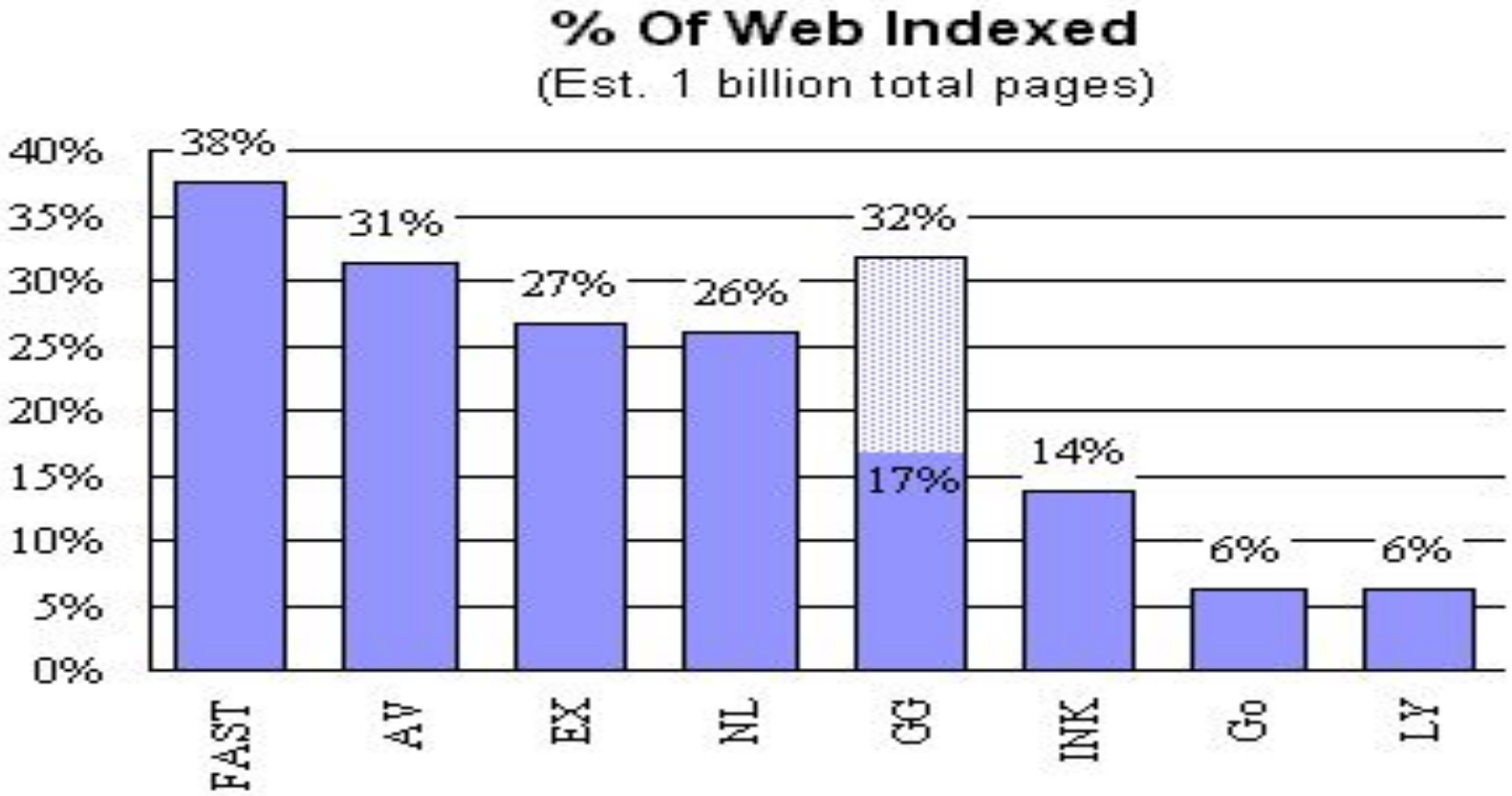
Пользовательские критерии:

- Коэффициент покрытия
  (процент уже известного среди найденного)
- Коэффициент новизны
  (отношение нового к уже известному)
- Относительная полнота
  (отношение нового к ожидаемому)

Особенности поиска в Интернет

- Огромный размер
  > **1 миллиарда** документов (февраль 2000)
  > 75 миллионов узлов
- Короткие запросы (< 2 слов)
- Почти не используются продвинутые возможности языка запросов
- Много изменений в данных (40% в месяц)

Размер поисковых систем



Оценка качества индекса

- Не все страницы одинаково важны
- Метрики
  - Суммарная значимость всех страниц
  - Средняя значимость страниц
- Метод случайной прогулки
  - Как проверить наличие страницы в индексе?
  - Как оценить значимость страницы?

TREC и Web

- Коллекция VLC2:
  100Гб, 18.5 миллионов документов
- Короткие запросы из TREC (2.5 слова)
- 5 поисковых систем

	Web		TREC	
	диапазон	среднее	диапазон	среднее
P@20	.23-.37	.29	.34-.44	.40

Задачи ИП в Интернет

- Обнаружение дубликатов
- Интеллектуальные сетевые роботы
- Борьба с опечатками

  Levenshtein(survey, surgery) = 2

  LCS(survey, surgery) = surey
- Метапоиск
  - Как делать слияние результатов (data fusion)?

Классификация типов копий

Повторение содержания (1) и структуры (2)

<table>
<tr><td colspan="2">1, 2 – совпадает</td></tr>
<tr><td colspan="2">1 – эквивалентно, 2 – совпадает</td></tr>
<tr><td colspan="2">1 – похоже, 2 – совпадает</td></tr>
<tr><td>2 – похоже,
2 – частично совпадает</td><td>1 – близко,
2 – совпадает</td></tr>
</table>

Оценка повторения структуры

- Построение описаний URL
  yahoo.com/ref/art/news.htm
  (yahoo,com) (ref, art, 0) (art, news, 1) (news, htm, 2)
- Сокращение числа кандидатов
  (стоп-слова, нехарактерные пары)
- Вычисление весов (IDF)
- Вычисление оценки похожести узлов
- Уровни похожести: 100%, 50%, 0%

Оценка повторения содержания

- Выбор страниц для проверки
- Проверка на полную идентичность
- Вычисление оценки близости:

  S(A) — множество k-грамм документа A

$$r(A,B) = \frac{|S(A) \cap S(B)|}{|S(A) \cup S(B)|}$$

Сетевые роботы

Области применения:

- Построение индексов
- Сбор статистики
- Поиск ресурсов
- Исследование структуры Интернет
- Проверка целостности ссылок

Стратегии обхода:

- Простые
- Учет структуры URL (уровень вложенности)
- Учет структуры графа (PageRank)
- Учет содержимого страницы (OASIS Crawler)

Поиск по значимости

- Дополнение к оценкам близости
- Значимость не зависит от запроса
- Значимость бывает не только у текстовых ресурсов
- Более значимые ресурсы имеют приоритет при прочих равных

Значимость из содержимого

- Анализ документа
  (PHOAKS, определение жанра текста)
- Анализ коллекции
  (Google, SCAM, PHOAKS)
- Информационный контекст
  (Referral Web)
- Внутренние метки в документе
  (PICS, RDF)

Значимость из действий

Явные указания:

- Обратная связь
  (групповая)
- Триггеры на данные
  (почтовые фильтры)
- Синтезированные фильтры
  (пользователь задает высокоуровневое описание)

Значимость из действий (2)

Неявные указания:

- Коллективное поведение пользователей (WebWatcher, Hotbot)
- Индивидуальное поведение пользователя
  - Какие документы/коллекции он посещает?
  - Что он делает с документом?
    (время просмотра, новая закладка, запись на диск, ответ на письмо)

Основные конференции

- SIGIR (http://www.acm.org/sigir/)
- Digital Libraries
- Text Retrieval Conference (TREC) (http://trec.nist.gov)
- WWW Conference (http://www9.org)
- Электронные Библиотеки (http://www.protvino.ru/dl2000)