Основы машинного обучения

Лекция 18

Ранжирование

Евгений Соколов

esokolov@hse.ru

НИУ ВШЭ, 2023

На прошлых лекциях

- Дано: матрица «объекты-признаки» X и ответы y
- Модель должна выдавать прогнозы, близкие к истинным ответам

На прошлых лекциях

- Методы обучения с учителем: линейные модели, решающие деревья, случайные леса, ...
- Дано: матрица «объекты-признаки» X и ответы y
- Найти: модель a(x)
- Модель должна выдавать прогнозы, близкие к истинным ответам



машинное обучение



ПОИСК КАРТИНКИ ВИДЕО КАРТЫ МАРКЕТ НОВОСТИ ПЕРЕВОДЧИК ЕЩЁ

W Машинное обучение — Википедия

ru.wikipedia.org > Машинное обучение •

Машинное обучение (англ. Machine Learning) — класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи...

Что такое машинное обучение и почему оно может...

lifehacker.ru > Лайфхакер > ...-mashinnoe-obuchenie ▼

Машинное обучение избавляет программиста от необходимости подробно объяснять компьютеру, как именно решать проблему.

Курс «Машинное обучение» 2014 - YouTube

youtube.com > playlist?list=..._b9zqEQiiBtC ▼

Курс "Машинное обучение" является одним из основных курсов Школы, поэтому он является обязательным для всех студентов ШАД.

Р Машинист электропоезда - **обучение** | Про профессии.ру

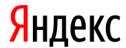
proprof.ru > Машинист электропоезда ▼

Машинист электропоезда - **обучение**. И метрополитен, и РЖД приглашают на **обучение** в собственные учебно-производственные центры.

Обучение - машина - Большая Энциклопедия Нефти...

ngpedia.ru > id201843p1.html ▼

После обучения машины или в ходе его, смотря по алгоритму, проводится прогнозирование новых катализаторов...



машинное обучение



ПОИСК КАРТИНКИ ВИДЕО КАРТЫ МАРКЕТ НОВОСТИ ПЕРЕВОДЧИК ЕЩЁ

W Машинное обучение — Википедия

ru.wikipedia.org > Машинное обучение •

Машинное обучение (англ. Machine Learning) — класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи...



lifehacker.ru > Лайфхакер > ...-mashinnoe-obuchenie ▼

Машинное обучение избавляет программиста от необходимости подробно объяснять компьютеру, как именно решать проблему.

Курс «Машинное обучение» 2014 - YouTube

youtube.com > playlist?list=..._b9zqEQiiBtC ▼

Курс "Машинное обучение" является одним из основных курсов Школы, поэтому он является обязательным для всех студентов ШАД.

Р Машинист электропоезда - обучение | Про профессии.ру

proprof.ru > Машинист электропоезда ▼

Машинист электропоезда - **обучение**. И метрополитен, и РЖД приглашают на **обучение** в собственные учебно-производственные центры.

Обучение - машина - Большая Энциклопедия Нефти...

ngpedia.ru > id201843p1.html ▼

После обучения машины или в ходе его, смотря по алгоритму, проводится прогнозирование новых катализаторов...











Ранжирование

- Дан набор запросов $\{q_1, \dots, q_m\}$
- Дан набор документов $\{d_1, \dots, d_n\}$
- Нужно для каждого запроса правильно упорядочить документы
- Что такое «правильно»?

Ранжирование

- Дан набор запросов $\{q_1, \dots, q_m\}$
- Дан набор документов $\{d_1, ..., d_n\}$
- Рассматриваем пары «запрос-документ» (q,d)
- Для некоторых троек (q,d_1,d_2) известно, что для запроса q документ d_1 должен стоять раньше, чем d_2
- Обозначение: R множество троек (q,d_1,d_2) , для которых известен такой порядок

Ранжирование

- Раньше: строим модель a(x), которая приближает ответы
- Сейчас: строим модель a(q,d), которая правильно упорядочивает документы для запросов

$$(q, d_1, d_2) \in R \Rightarrow a(q, d_1) > a(q, d_2)$$

Пример

- Для запроса q известны пары (d_3,d_1) , (d_3,d_2) , (d_1,d_4)
- Какие наборы прогнозов модели лучше?
- (3, 2, 4, 1)
- (2, 3, 4, 1)
- (3, 4, 2, 1)
- (13, 10, 20, 7)

Пример

- Для запроса q известны пары (d_3,d_1) , (d_3,d_2) , (d_1,d_4)
- Какие наборы прогнозов модели лучше?
- (3, 2, 4, 1)
- (2, 3, 4, 1)
- (3, 4, 2, 1)
- (13, 10, 20, 7)

• Важен порядок, а не абсолютные значения!

Метрики качества ранжирования

Целевая переменная

- Определение задачи через пары правильно, но сложно
- Упростим постановку:
 - Объекты пары «запрос-документ» $x_i = (q, d)$
 - Ответы числа y_i
 - Требование если есть объекты (q,d_1) и (q,d_2) , такие что $y_1>y_2$, то должно быть $a(q,d_1)>a(q,d_2)$

Целевая переменная, пример

- $(q_1, d_1), 1$
- $(q_1, d_2), 0.7$
- $(q_1, d_3), 0$
- $(q_2, d_1), 0$
- $(q_2, d_2), 1$
- Для q_1 должны получить ранжирование (d_1, d_2, d_3)
- Для q_2 должны получить ранжирование (d_2, d_1)

Качество ранжирования

W Машинное обучение — Википедия

ru.wikipedia.org > Машинное обучение ▼

Машинное обучение (англ. Machine Learning) — класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи...

Обучение машиниста бурильно-крановых машин — AHO...

ccrp.ru > rabochie/mashinist burilno-kranovoy... ▼

Обучение машиниста бурильно-крановой самоходной машины регламентировано Приказом Минтруда России № 208н от 01.03.2017 г...

Обучение - машина - Большая Энциклопедия Нефти...

ngpedia.ru > id201843p1.html ▼

После обучения машины или в ходе его, смотря по алгоритму, проводится прогнозирование новых катализаторов...

ccrp.ru > rabochie/mashinist_burilno-kranovoy... ▼

Обучение машиниста бурильно-крановой самоходной машины регламентировано Приказом Минтруда России № 208н от 01.03.2017 г...

W Машинное обучение — Википедия

ru.wikipedia.org > Машинное обучение •

Машинное обучение (англ. Machine Learning) — класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи...

Обучение - машина - Большая Энциклопедия Нефти...

ngpedia.ru > id201843p1.html ▼

После обучения машины или в ходе его, смотря по алгоритму, проводится прогнозирование новых катализаторов...

ccrp.ru > rabochie/mashinist_burilno-kranovoy... ▼

Обучение машиниста бурильно-крановой самоходной машины регламентировано Приказом Минтруда России № 208н от 01.03.2017 г...

Обучение - машина - Большая Энциклопедия Нефти...

ngpedia.ru > id201843p1.html ▼

После обучения машины или в ходе его, смотря по алгоритму, проводится прогнозирование новых катализаторов...

W Машинное обучение — Википедия

ru.wikipedia.org > Машинное обучение 🔻

Машинное обучение (англ. Machine Learning) — класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи...

- Какое ранжирование лучше?
- Какое хуже всех?

DCG (Discounted cumulative gain)

$$DCG@k(q) = \sum_{i=1}^{k} \frac{2^{y_i} - 1}{\log(i+1)}$$

- ullet Вычисляется по первым k документам из выдачи для запроса q
- y_i истинный ответ для документа на i-й позиции
- Чтобы получить итоговую оценку, DCG усредняется по всем запросам

Качество ранжирования

W Машинное обучение — Википедия

ru.wikipedia.org > Машинное обучение ▼

Машинное обучение (англ. Machine Learning) — класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи...

Обучение машиниста бурильно-крановых машин — AHO...

ccrp.ru > rabochie/mashinist burilno-kranovoy... ▼

Обучение машиниста бурильно-крановой самоходной машины регламентировано Приказом Минтруда России № 208н от 01.03.2017 г...

Обучение - машина - Большая Энциклопедия Нефти...

ngpedia.ru > id201843p1.html ▼

После обучения машины или в ходе его, смотря по алгоритму, проводится прогнозирование новых катализаторов...

Обучение машиниста бурильно-крановых машин — AHO...

ccrp.ru > rabochie/mashinist_burilno-kranovoy... ▼

Обучение машиниста бурильно-крановой самоходной машины регламентировано Приказом Минтруда России № 208н от 01.03.2017 г...

W Машинное обучение — Википедия

ru.wikipedia.org > Машинное обучение 🔻

Машинное обучение (англ. Machine Learning) — класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи...

Обучение - машина - Большая Энциклопедия Нефти...

ngpedia.ru > id201843p1.html ▼

После обучения машины или в ходе его, смотря по алгоритму, проводится прогнозирование новых катализаторов...

$$DCG = \frac{2^{1} - 1}{\log(2)} + \frac{2^{0} - 1}{\log(3)} + \frac{2^{0} - 1}{\log(4)} \approx 1.44$$

$$DCG = \frac{2^0 - 1}{\log(2)} + \frac{2^1 - 1}{\log(3)} + \frac{2^0 - 1}{\log(4)} \approx 0.91$$

Методы ранжирования

Поточечный (pointwise) подход

- Обучим модель a(q,d), чтобы она как можно точнее приближала ответы y_i
- Например, линейная регрессия:

$$\sum_{(q,d,y)\in R} (\langle w, x(q,d) \rangle - y_i)^2 \to \min_{w}$$

• x(q,d) — признаки для пары «запрос-документ»

Поточечный (pointwise) подход

- Простой в реализации
- Можно использовать любую из известных моделей (линейные, деревья, случайные леса, нейронные сети...)
- Восстанавливает точные значения y_i , хотя нас интересует порядок

Попарный (pairwise) подход

• В ранжировании требуется правильно располагать пары документов — формализуем это

$$\sum_{(q,d_i,d_j)\in R} \left[a(q,d_i) - a(q,d_j) < 0 \right]$$

• Штрафуем, если второй документы из пары оказался раньше

Попарный (pairwise) подход

- Получили разрывный функционал сложно оптимизировать
- Перейдём к гладкой верхней оценке (как в линейных классификаторах):

$$\sum_{(q,d_i,d_j)\in R} \left[a(q,x_i)-a(q,x_j)<0\right] \leq \sum_{(q,d_i,d_j)\in R} L\left(a(q,x_i)-a(q,x_j)\right)$$

• Пример: $L(z) = \log(1 + e^{-z})$

Попарный (pairwise) подход

- Сложнее поточечного (больше слагаемых в функционале)
- Обычно даёт качество выше, чем поточечный

• Реализации: SVM^{light}, xgboost (rank:pairwise)

Признаки в задачах ранжирования

Типы признаков

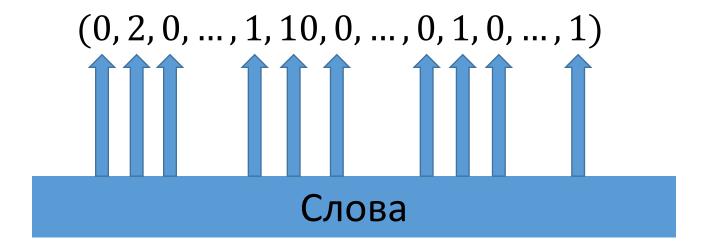
- Запросные
 - Популярность запроса
 - Тип запроса (навигационный, товарный и т.д.)
- Статические зависят только от документа
 - Популярность документа
 - Тематика
 - Распределение слов
- Динамические зависят от документа и от запроса
 - Расстояния между запросом и документом

Мешок слов

- v(большое) = (1, 0, 0, 0, ..., 0)
- v(спасибо) = (0, 1, 0, 0, ..., 0)
- v(минус) = (0, 0, 1, 0, ..., 0)
- v(зарубежный) = (0, 0, 0, 1, ..., 0)
- ...
- v(инквизиция) = (0, 0, 0, 0, ..., 1)

Мешок слов

• Текст — это вектор x, содержащий счётчики слов



Косинусное расстояние

- Пусть \vec{q} вектор запроса, \vec{d} вектор документа
- Мера сходства:

$$s(\vec{q}, \vec{d}) = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i d_i}{\|\vec{q}\| \|\vec{d}\|}$$

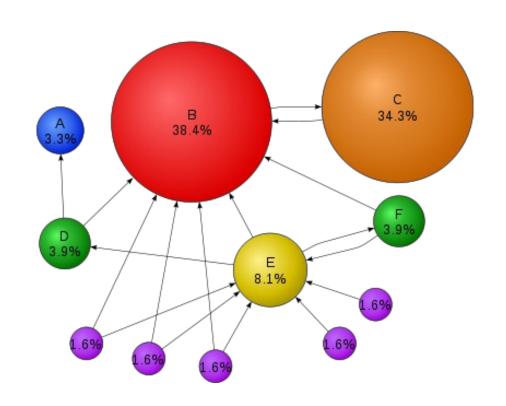
• Чем больше, тем сильнее тексты похожи по долям слов

Продвинутое расстояние: ВМ25

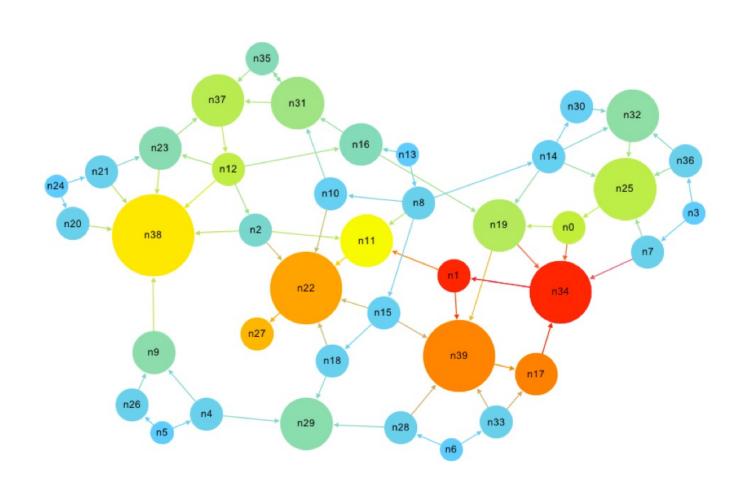
BM25
$$(q, d) = \sum_{i=1}^{n} IDF(q_i) \frac{tf(q_i, d)(k_1 + 1)}{tf(q_i, d) + k_1 \left(1 - b + b \frac{|D|}{\bar{n}_d}\right)}$$

PageRank

- Документы в сети ссылаются друг на друга
- Если документ А ссылается на документ В, то он «голосует» за В
- Чем меньше голосов отдаёт А, тем сильнее его голос
- Документ В важен, если за него отдано много сильных голосов



PageRank



PageRank

- Пусть пользователь бродит по сети
- Стартует из случайного документа
- С вероятностью $(1-\delta)$ переходит по одной из ссылок с равными вероятностями
- С вероятностью δ переходит на случайный документ из всей сети
- PageRank вероятность при таком случайном блуждании попасть в данный документ

Резюме

- Ранжирование задача сортировки документов по релевантности
- Метрика должна учитывать позиции, а не абсолютные значения прогнозов например, DCG
- Поточечный и попарный подходы
- Отдельная задача разработка признаков