

Рекомендательные системы

и кто над ними работает

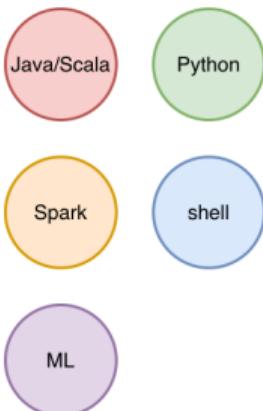
Николай Анохин

Обо мне

Академический опыт



Навыки

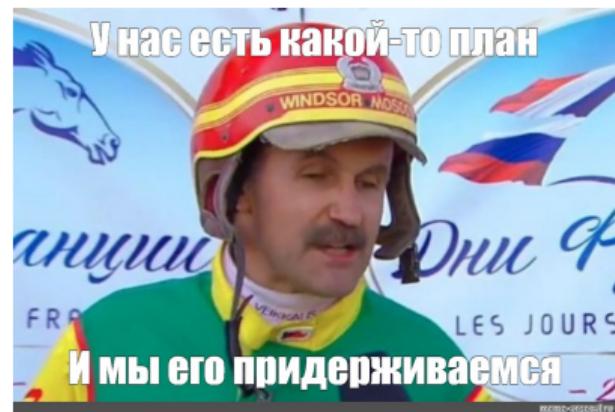


Индустриальный опыт



Из этой лекции вы узнаете

- Как устроена рекомендательная система (на примере рекомендаций музыки)
- Что нужно знать и уметь, чтобы ее создать (это сложно, но вам точно по силам)



Зачем нужны рекомендательные системы [RRSK10]



- **Бизнесу**
 - Увеличить продажи
 - Добиться большей лояльности
 - Улучшить пользовательский опыт
- **Пользователям**
 - Найти лучший товар
 - Найти **все** подходящие товары
 - Залипнуть



Алгоритм рекомендаций
ooooooooooooooo

Продакшен
ooooo

Данные для рекомендаций
ooooo

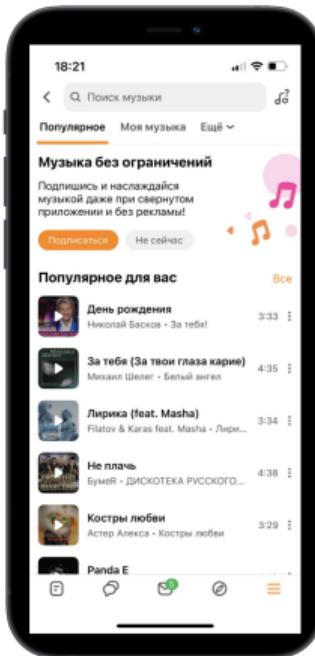
Наука о рекомендациях
oooo

Итоги
ooooo

Рекомендации музыки

Задача

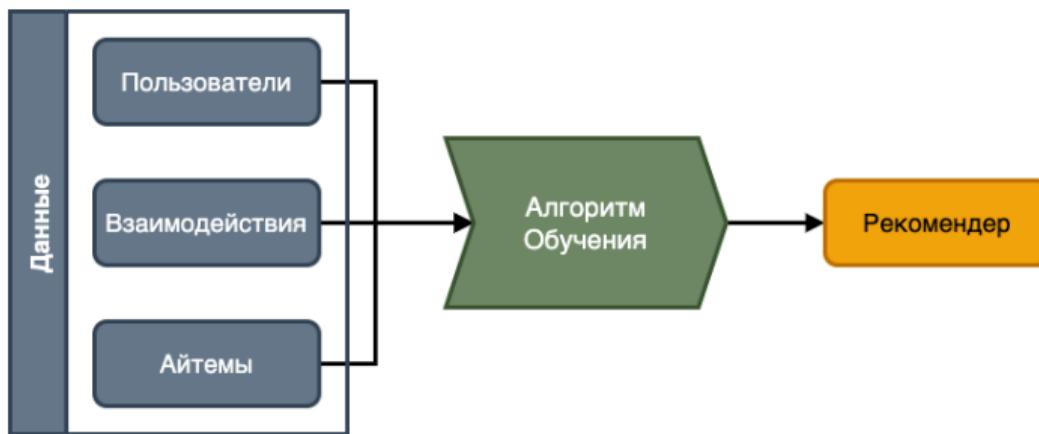
Рекомендовать пользователю исполнителей, так чтобы пользователь слушал их песни и как можно дольше оставался в приложении



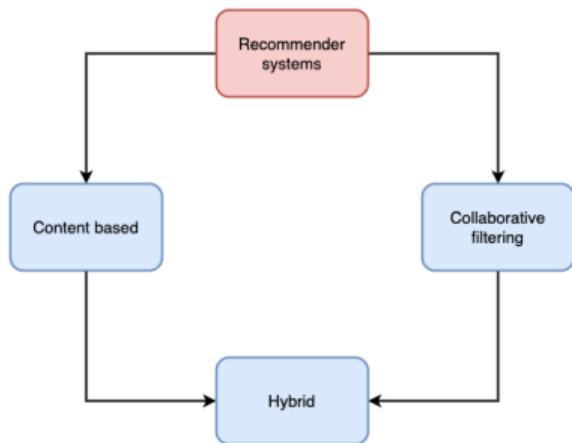
Алгоритм рекомендаций



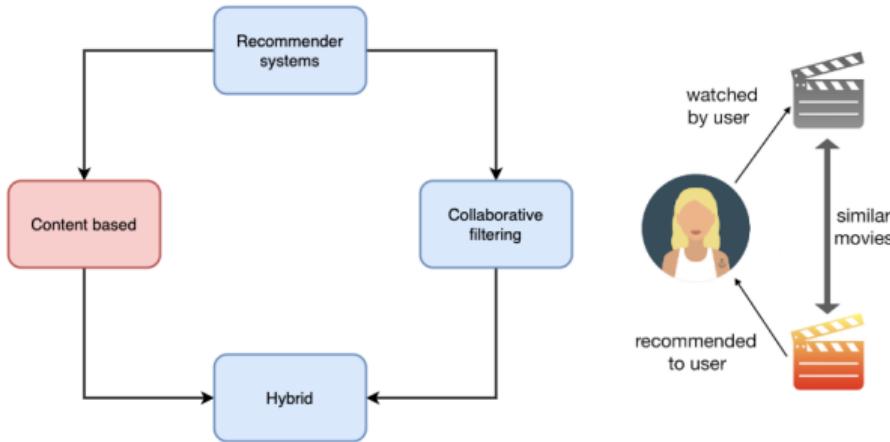
Как строить рекомендации



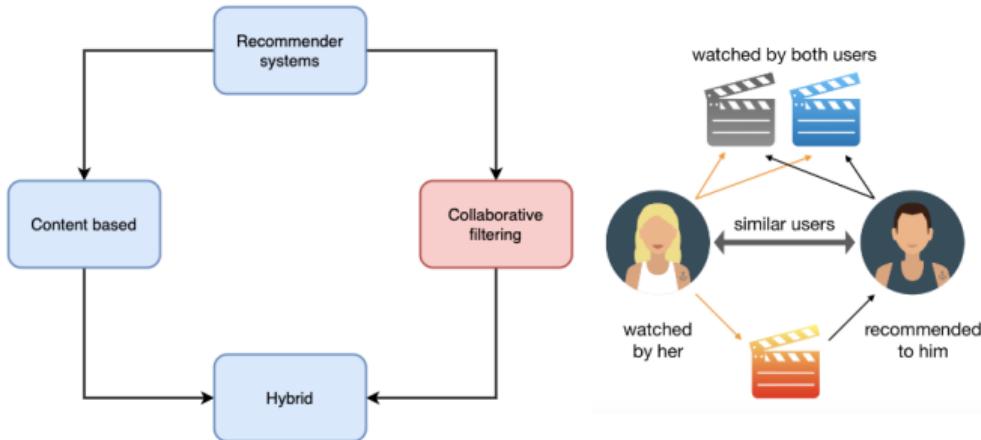
Зоопарк алгоритмов рекомендаций [Ali21]



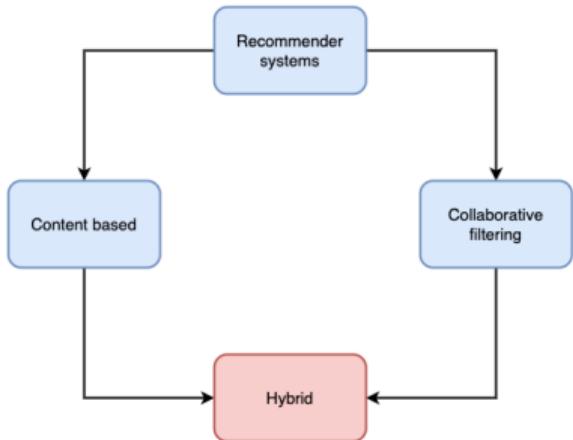
Зоопарк алгоритмов рекомендаций [Ali21]



Зоопарк алгоритмов рекомендаций [Ali21]



Зоопарк алгоритмов рекомендаций [Ali21]



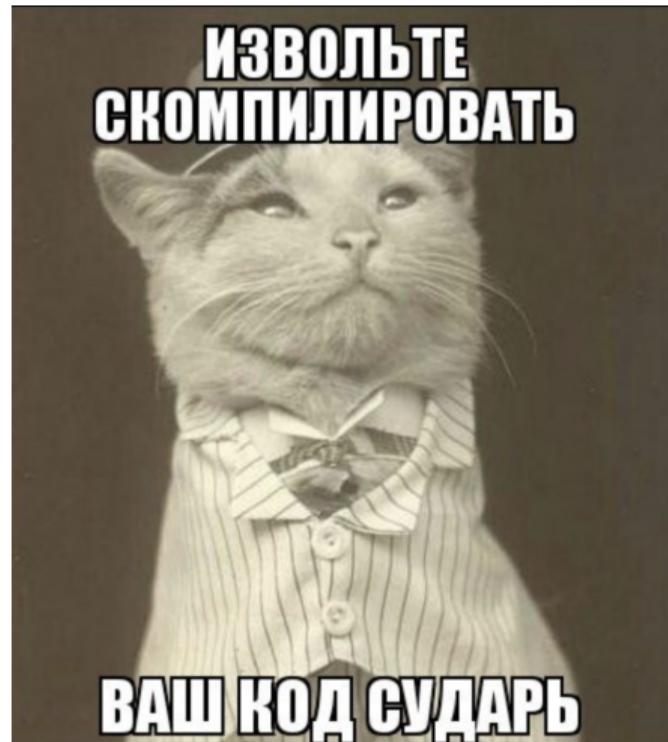
Алгоритм рекомендаций
oooooooo•oooooooo

Продакшен
ooooo

Данные для рекомендаций
ooooo

Наука о рекомендациях
oooo

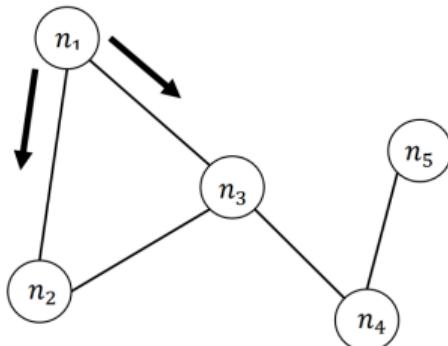
Итоги
ooooo



Personalized Page Rank (PPR) [PLCL19]

Начальное состояние

$$\vec{s}_0 = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$



Вероятность перехода

$$\vec{p}_{n+1} = c \vec{s}_n \cdot P + (1 - c) \vec{s}_0$$

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1/2 & 1/2 & 0 & 0 \\ 1/2 & 0 & 1/2 & 0 & 0 \\ 1/3 & 1/3 & 0 & 1/3 & 0 \\ 0 & 0 & 1/2 & 0 & 1/2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$(1 - c)$ – вероятность рестартра

Где мы окажемся через бесконечное число шагов?



Строим граф исполнителей: создаем ребра I

Коля: Лепс, Газманов, Adele

Задача

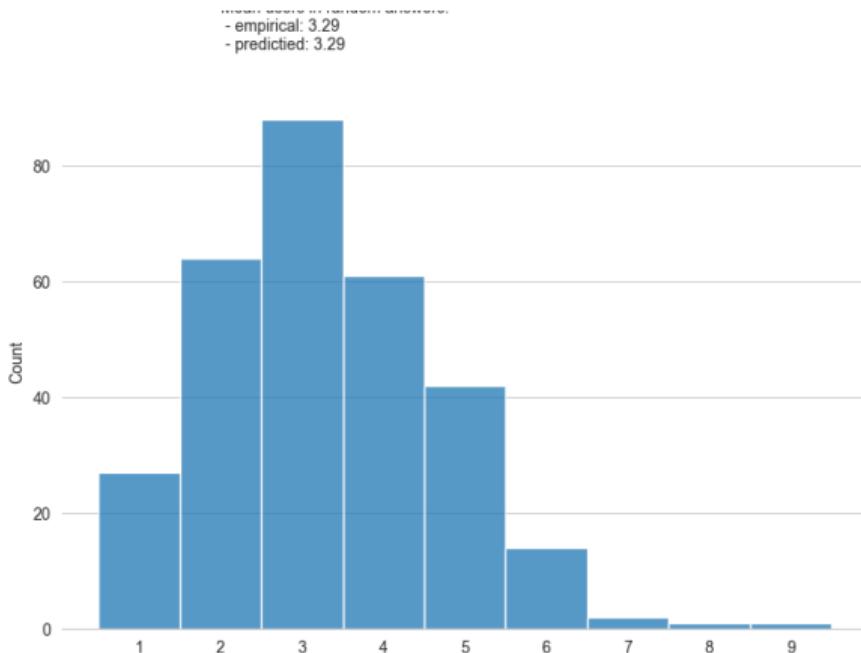
Есть K пользователей. Пользователь j случайным образом с равной вероятностью без возвращения выбирает n_j из N исполнителей. Сколько в среднем пользователей выберут каждую пару исполнителей?

Ответ

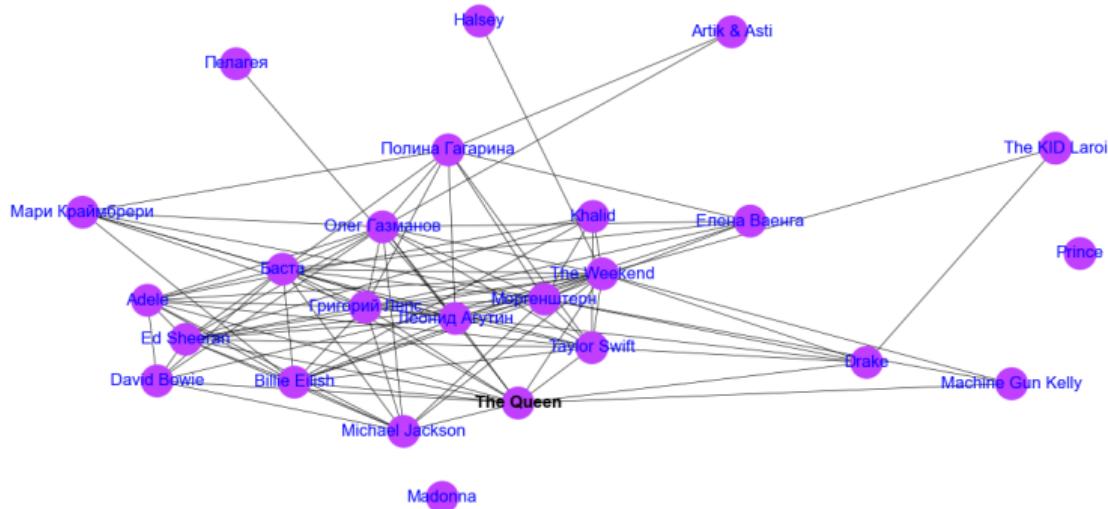
$$E_1 + \dots + E_K = \frac{\sum_{j=1}^K n_j(n_j - 1)}{N(N - 1)}$$



Строим граф исполнителей: создаем ребра II



Строим граф исполнителей III



Алгоритм рекомендаций
oooooooooooo●ooo

Продакшен
ooooo

Данные для рекомендаций
ooooo

Наука о рекомендациях
oooo

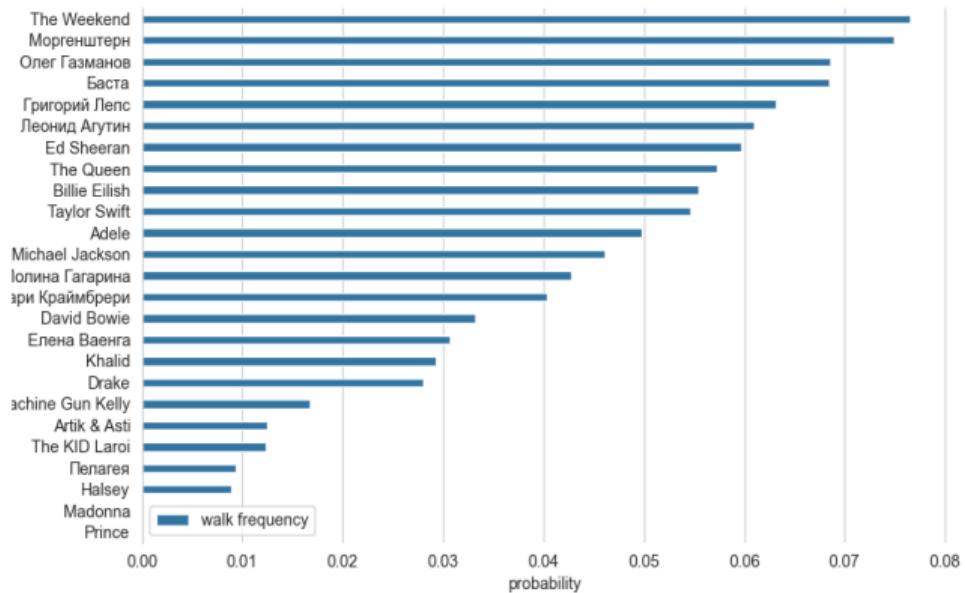
Итоги
ooooo

Случайные блуждания по графу исполнителей

[Ссылка на визуализацию](#)

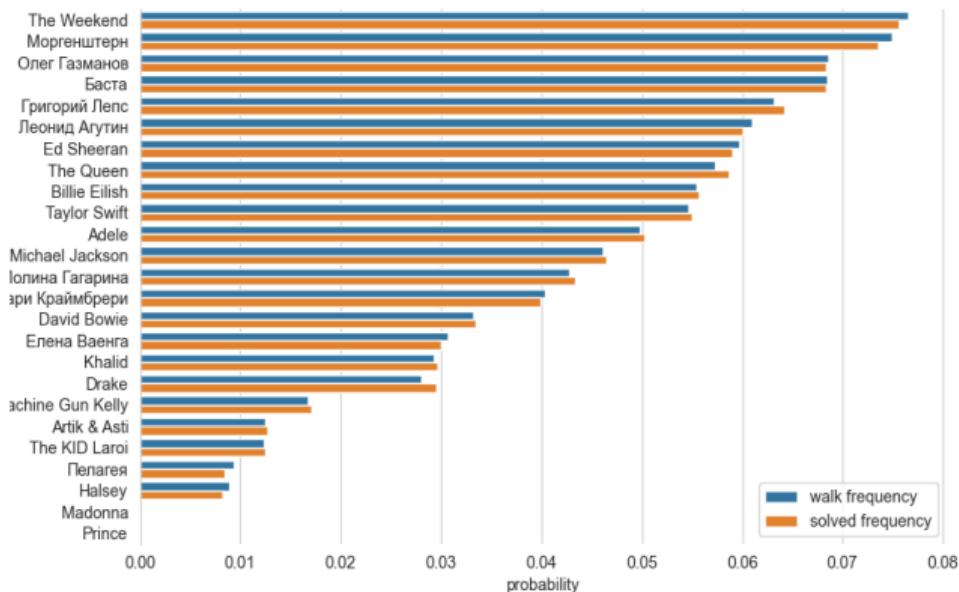


Рекомендации на основе блужданий



Рекомендации на основе точного решения

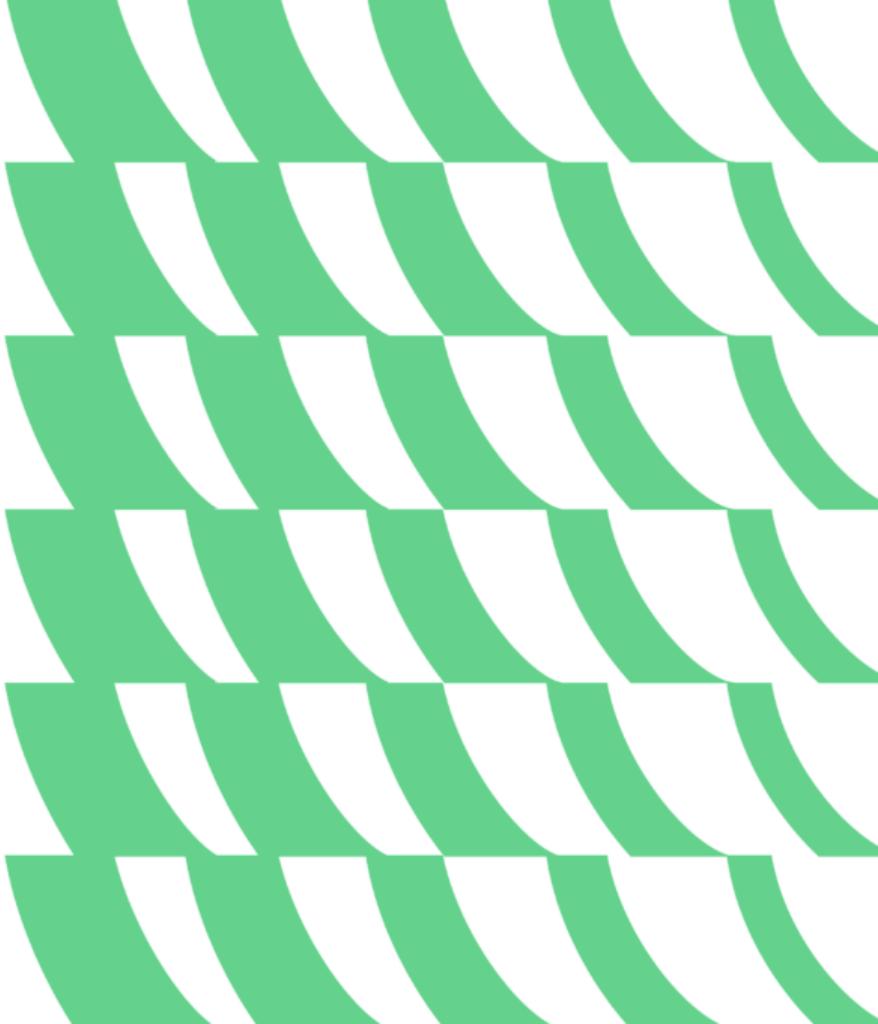
$$\vec{r} = c\vec{r}P + (1 - c)\vec{s} \quad \rightarrow \quad \vec{r} = (1 - c)\vec{s}(I - cP)^{-1}$$



ML Инженер



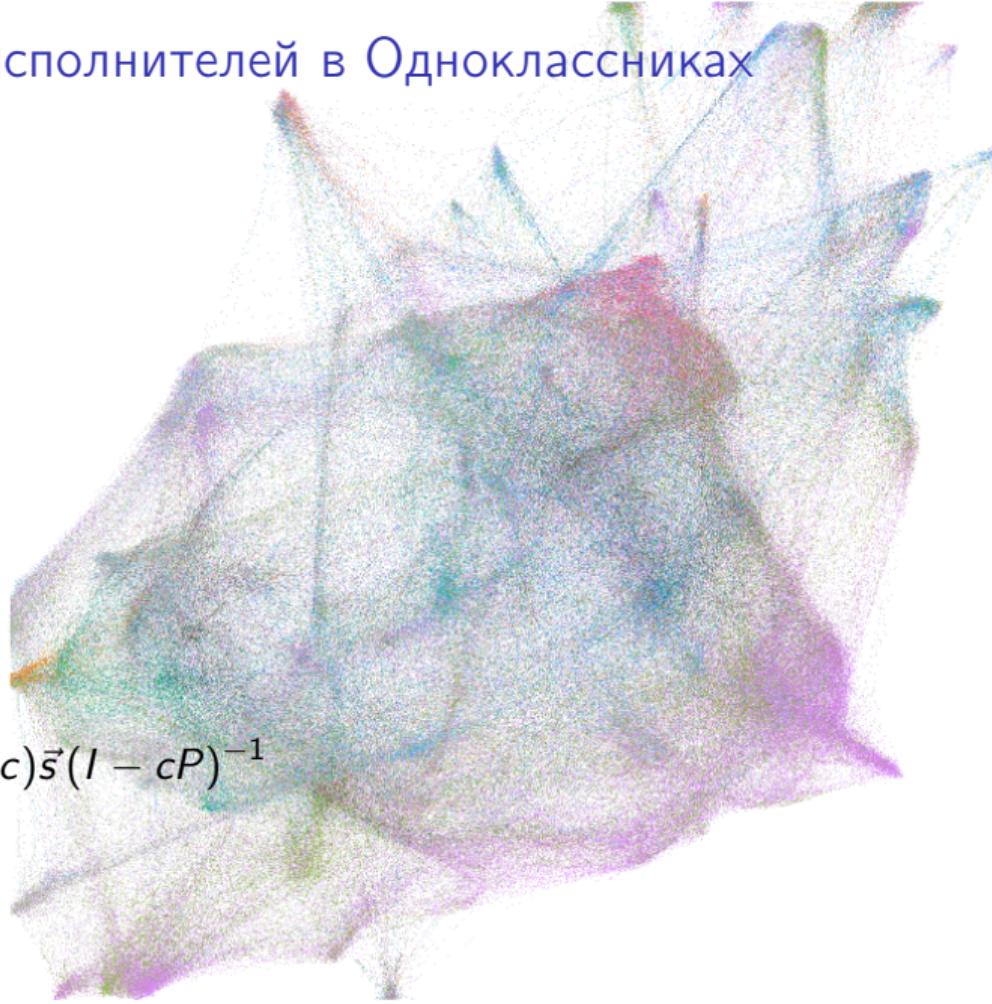
Продакшен



Сервис рекомендаций



Граф исполнителей в Одноклассниках



Параметры графа

20000 вершин

750000 ребер

Память

$O(N_{nodes}^2)$

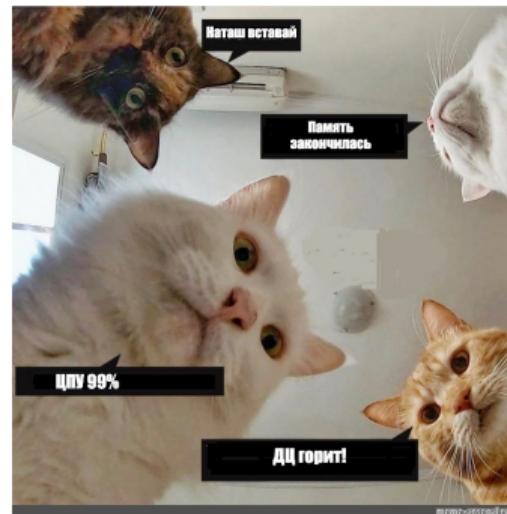
Сложность

Прямое решение $\vec{r} = (1 - c)\vec{s}(I - cP)^{-1}$

$O(N_{nodes}^3)$

Оптимизируем вычисление рекомендаций [PLCL19]

- Сэмплирование монте-карло
- Оптимизированное прямое решение
- Оптимизированный power iteration



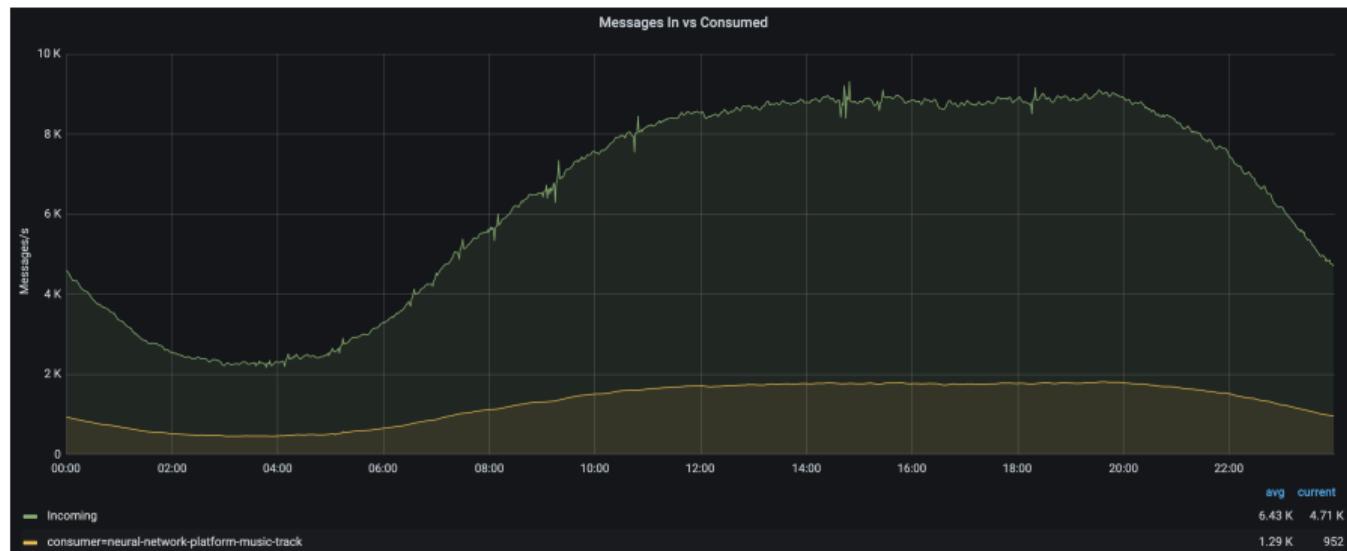
Backend Разработчик



Данные для рекомендаций



Транспорт данных между сервисами

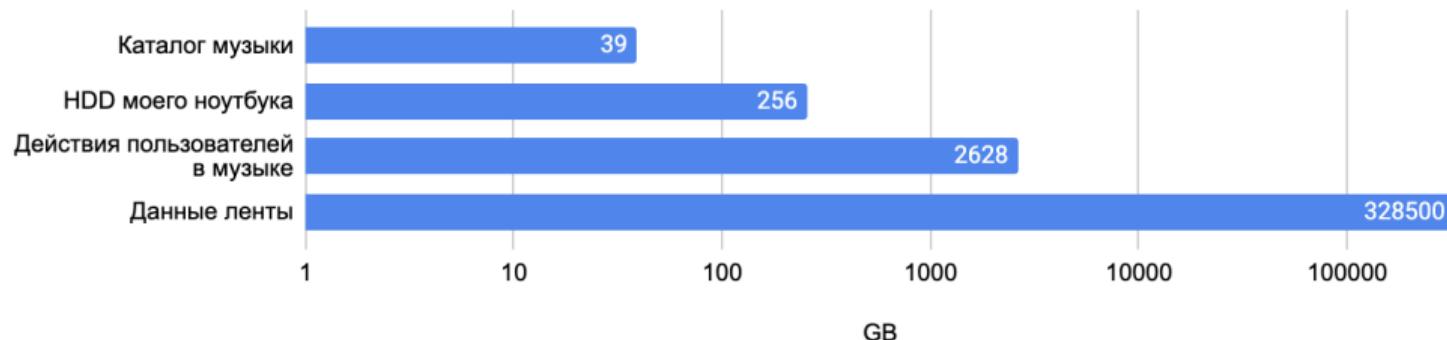


- Хранение данных для анализа
- Потоковая обработка данных (Spark Streaming, Apache Samza)



Хранение и анализ данных

Размер с репликацией



- Распределенная файловая система: Hadoop HDFS
- Анализ данных: Apache Spark
- Контроль выполнения: Apache Airflow



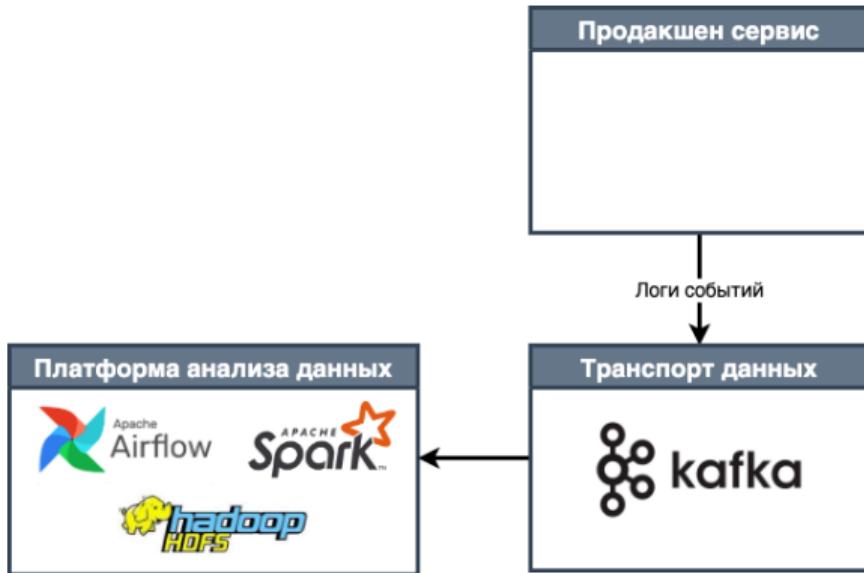
Алгоритм рекомендаций
ooooooooooooooo

Продакшен
ooooo

Данные для рекомендаций
ooo•o

Наука о рекомендациях
oooo

Итоги
ooooo



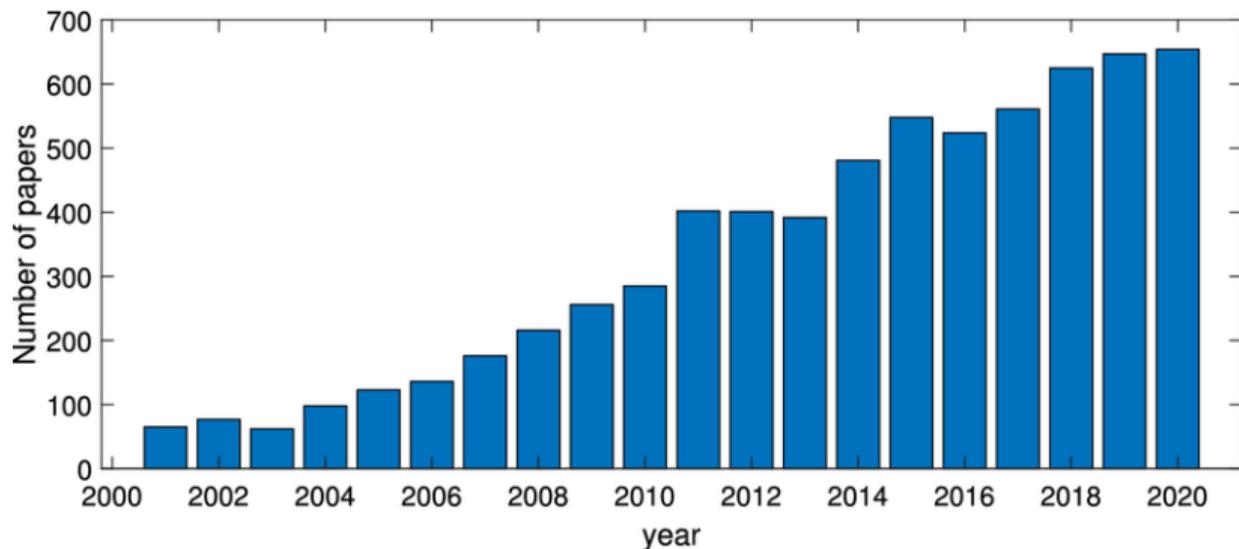
Big Data Инженер



Наука о рекомендациях



Количество статей с “recommender system” в названии



Актуальные задачи в науке о рекомендациях

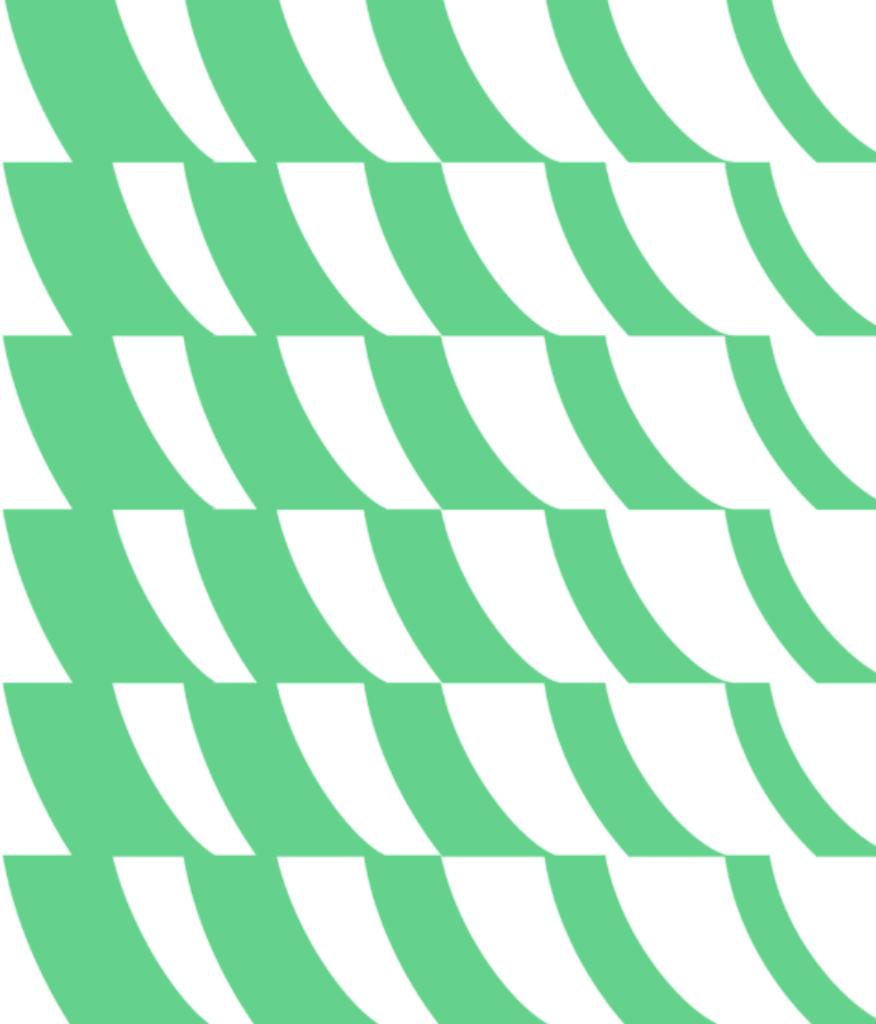
- Новые алгоритмы
- Счастье пользователей
 - Долгосрочный эффект
 - Многосторонние маркетплейсы
 - Честность рекомендаций
- Выйти из пузыря
 - Разнообразие рекомендаций
 - Causal рекомендации
 - Reinforcement learning
- Пользовательский опыт
 - Объяснения рекомендаций
 - Настройки рекомендаций
 - Оптимизация UI



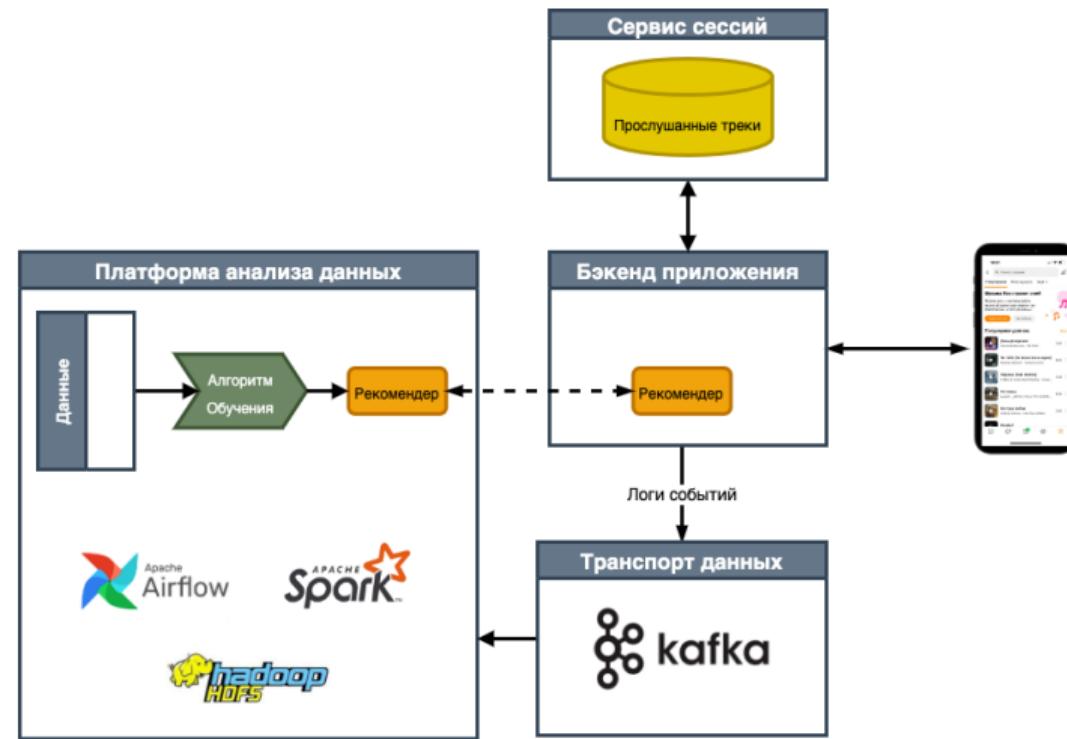
Учёный



Итоги



Готовая рекомендательная система



Разработчики приложений

Менеджер проектов

Тестировщик

ML инженер

Фронтенд разработчик

Бэкенд разработчики

Big Data
инженер

Директор по
проектам

Ученых у
нас нет :(





Спасибо за
внимание



<https://t.me/anokhinn>

Литература I

-  Iman Ali, *Ai powered search and recommendation system*, 2021.
-  Sungchan Park, Wonseok Lee, Byeongseo Choe, and Sang-goo Lee, *A survey on personalized pagerank computation algorithms*, IEEE Access **PP** (2019), 1–1.
-  Francesco Ricci, Lior Rokach, Bracha Shapira, and Paul B. Kantor, *Recommender systems handbook*, 1st ed., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010.

