

Условия существования петель скрытой обратной связи в рекомендательных системах

Антон Александрович Пилькевич

Московский физико-технический институт

Курс: Автоматизация научных исследований
(практика, В. В. Стрижов)/Группа 813

Эксперт: А. С. Хританков

Консультант: А. С. Хританков

2021

Цель исследования

Цель

Нахождение условий существования петель обратной связи в рекомендательной системе с алгоритмом Thomson Sampling в условиях зашумлённости выбора пользователя.

Задача

Математическое описание условий возникновения петель.

Существование петель при параметрах шума w, Q

Распределение отклика c_t^i для рекомендации a_t :

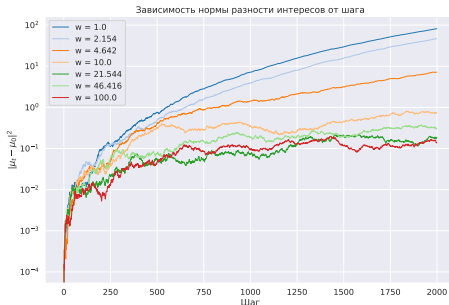
$$c_t^i \sim \text{Bern}(\sigma(s_t^i \cdot \mu_t^i(a_t^i) + q_t^i)),$$
$$\mu_{t+1} - \mu_t = \delta_t c_t - \delta_t (1 - c_t),$$

где $s_t^i \sim \text{Bern}_{\pm 1}(p)$, $q_t^i \sim U[-w, w]$, $\delta_t \sim U[0, 0.01]$.

Рекомендации семплируются алгоритмом MAB TS.

Определение
петель:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|\mu_t - \mu_0\|_2 = \infty.$$



-  Ray Jiang, Silvia Chiappa, Tor Lattimore, András György, Pushmeet Kohli. Degenerate Feedback Loops in Recommender Systems// CoRR, 2019, Vol. abs/1902.10730, URL: <https://arxiv.org/abs/1902.10730>.
-  Khritankov, Anton. Hidden Feedback Loops in Machine Learning Systems: A simulation Model and Preliminary Results// Springer, 2021, P. 54–65.
-  Daniel Russo, Benjamin Van Roy, Abbas Kazerouni, Ian Osband. A Tutorial on Thompson Sampling// CoRR, 2017, Vol. abs/1707.02038, URL: <https://arxiv.org/abs/1707.02038>.
-  Shipra Agrawal, Navin Goyal. Analysis of Thompson Sampling for the multi-armed// CoRR, 2011, Vol. abs/1111.1797, URL: <https://arxiv.org/abs/1111.1797>.

Постановка задачи

Данные

Множество объектов M , рекомендации $(a^1, \dots, a^I) \in M$, кол-во выдач T . Задаётся ф-ия описывающая интерес пользователя $\mu_t : M \rightarrow \mathbb{R}$.

Распределение откликов и эволюция интереса:

$$c_t^i \sim \text{Bern} \left(\sigma \left(\textcolor{red}{s}_t^i \cdot \mu_t^i(a_t^i) + \textcolor{red}{q}_t^i \right) \right),$$

$$s_t^i \sim \text{Bern}_{\pm 1}(p),$$

$$q_t^i \sim U[-w, w],$$

$$\mu_{t+1} - \mu_t = \delta_t c_t - \delta_t (1 - c_t).$$

Петли скрытой обратной связи

MAB TS

Априорное распределение для параметров интереса равно $Beta(1, 1) = U[0, 1]$. Апостериорное распределение для элемента $a^i \in M$ описывается $Beta(\alpha_t^i, \beta_t^i)$. Параметры обновляются по закону : $\alpha_{t+1} = \alpha_t + c_t, \beta_{t+1} = \beta_t + 1 - c_t$.

Определение петли:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|\mu_t - \mu_0\|_2 = \infty.$$

$$\max_{c_t^i} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I c_t^i = T \cdot I.$$
$$T \cdot I - \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I c_t^i \rightarrow \min_b,$$

coming soon...

Вычислительный эксперимент

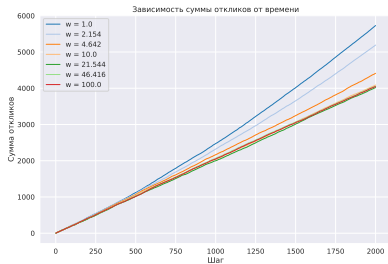
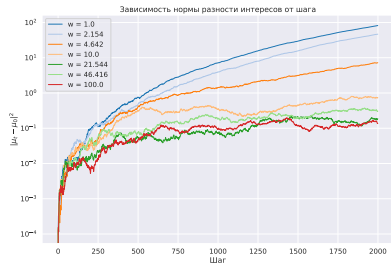
Цель

Наблюдение петель скрытой обратной связи для определённых параметров шума. Проверяется гипотеза о возникновении петель при параметрах шума, найденных из теоретических соотношений.

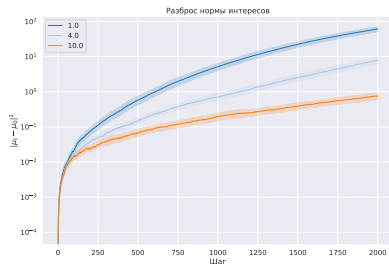
Алгоритм

```
BanditLoopExperiment.prepare().  
for  $t$  от 1 до  $T$  do  
     $r_t \leftarrow \text{TSBandit.predict}()$   
     $c_t \leftarrow \text{make\_response\_noise}(r_t, w, p)$   
     $\text{TSBandit.update}(c_t)$   
     $\text{Model.interest\_update}(c_t)$   
     $\text{save\_iter}(t, c_t, \mu_t)$   
end for
```

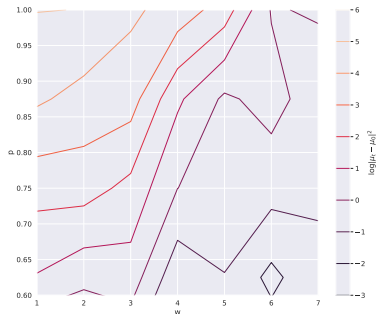

Вычислительный эксперимент



Дисперсия интереса

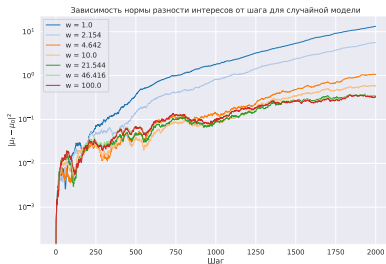
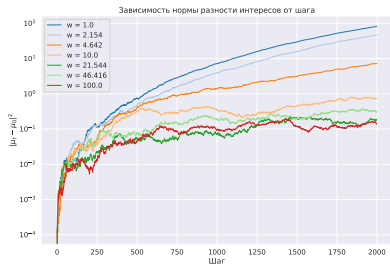


Распределение интереса от параметров шума w, ρ



Сравнение моделей

Сравнивается MAB TS и случайный алгоритм, то есть очередная рекомендация выбирается случайно.



Заключение

- ▶ поставлена задача с учётом шума,
- ▶ найдено приближённое соотношение для МО интереса,
- ▶ соотношение проверено на эксперименте.