

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

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

Задача

Нахождение математического описания условий возникновения петель и экспериментальная их проверка.

Существование петель при параметрах шума w, Q

Распределение отклика c_t^i для рекомендации a_t :

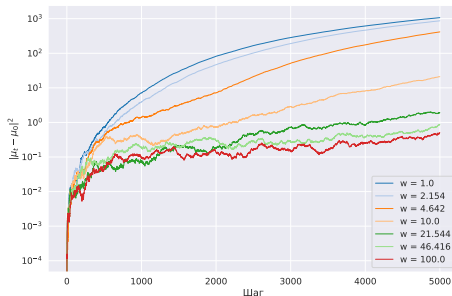
$$c_t^i \sim \text{Bern}(\sigma(\mathbf{s}_t^i \cdot \mu_t^i(a_t^i) + q_t^i)),$$
$$\mu_{t+1} - \mu_t = \delta_t c_t - \delta_t(1 - c_t),$$

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>.

Гиперпараметры

Множество объектов M , рекомендации $(a^1, \dots, a^I) \in M$, кол-во выдач T . Задаётся ф-ия описывающая интерес пользователя в начальный момент времени $\mu_0 : M \rightarrow \mathbb{R}$.

Отклик

Распределение откликов:

$$\begin{aligned}c_t^i &\sim \text{Bern}(\sigma(s_t^i \cdot \mu_t^i(a_t^i) + q_t^i)), \\s_t^i &\sim \text{Bern}_{\pm 1}(p), \\q_t^i &\sim U[-w, w].\end{aligned}$$

Априорное распределение для параметров интереса:

$$\text{Beta}(1, 1) = U[0, 1].$$

Апостериорное распределение для элемента $a^i \in M$ описывается $\text{Beta}(\alpha_t^i, \beta_t^i)$. Параметры обновляются по закону:

$$\alpha_{t+1} = \alpha_t + c_t, \beta_{t+1} = \beta_t + 1 - c_t.$$

Задача оптимизации бандита:

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

Эволюция во времени

Эволюция интереса:

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

Определение петли:

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

Утверждение

При фиксированном $p = 1$ и любых параметрах шума w возникает петля скрытой обратной связи.

Гипотезы

- ▶ Любой несмещённый аддитивный шум не влияет на возникновение петли.
- ▶ При достаточно большом значении μ_t из-за $\sigma(x)$ шум w перестаёт сколько-то значимо изменять истинный интерес.

Вычислительный эксперимент

Цель

Проверка гипотезы о возникновении петель при параметрах шума, найденных из теоретических соотношений.

Алгоритм

Require: M, I, T, w, p

BanditLoopExperiment.prepare()

for t от 1 до T **do**

$r_t \leftarrow \text{TSBandit.predict}()$

$c_t \leftarrow \text{make_response_noise}(r_t, w, p)$

 TSBandit.update(c_t)

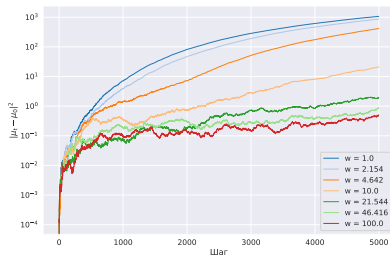
 Model.interest_update(c_t)

 save_iter(t, c_t, μ_t)

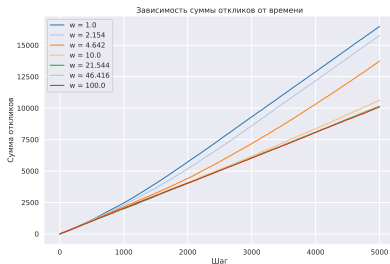
end for

Вычислительный эксперимент

Зависимость нормы интереса от итерации.

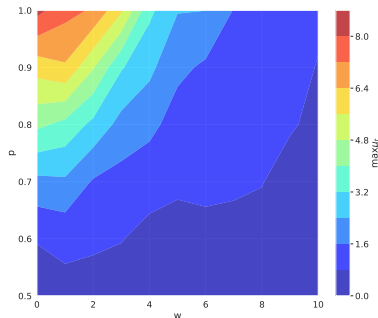
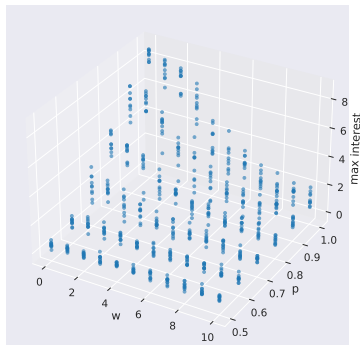


Зависимость суммы откликов от итерации.

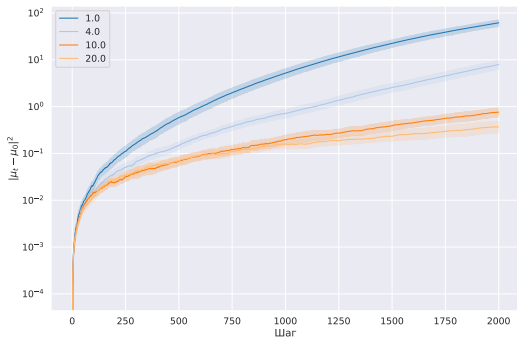


Анализ ошибки

Распределение интереса от параметров шума w, p после 2000 итераций.

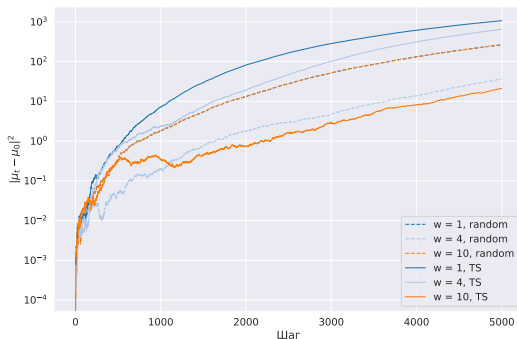


Разброс нормы интереса



Сравнение моделей

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



Заключение

- ▶ поставлена задача с учётом шума,
- ▶ получено, что при любых параметрах шума возникает петля,
- ▶ утверждение подтверждено на эксперименте.