

# 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.

## Решение

Усреднение смещение интереса и анализ зависимости от параметров шума. Моделирование рекомендательной системы и поведения пользователя.

# Петли при параметрах шума $w, Q$

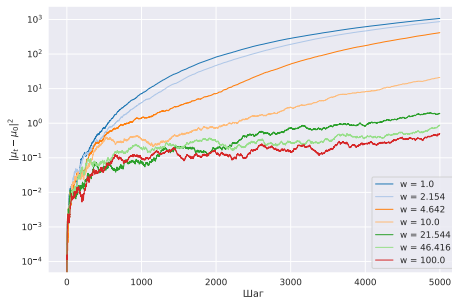
Распределение отклика  $c_t^i$  для рекомендации  $a_t$ :

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

где  $q_t^i \sim U[-w, w]$ ,  $\delta_t \sim U[0, 0.01]$ .

Определение  
петель:

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



1. 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>.
2. Khritankov, Anton. [Hidden Feedback Loops in Machine Learning Systems: A simulation Model and Preliminary Results](#)// Springer, 2021, P. 54–65.
3. 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>.
4. 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>.

# Модель данных

## Параметры

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  $\mu_0 : M \rightarrow \mathbb{R}$ .

Распределение откликов:

$$c_t^i \sim \text{Bern}(\sigma(\mu_t^i(a_t^i) + q_t^i)), \\ q_t^i \sim U[-w, w].$$

Эволюция интереса:

$$\mu_{t+1} - \mu_t = \delta_t c_t - \delta_t (1 - c_t), \\ \delta_t \sim U[0, 0.01].$$

Определение петли:

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

# Thompson Sampling

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:

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

# Возникновение петли

Назовём *режимом работы TS с фиксированными лидерами* поведение алгоритма, в котором TS не меняются элементы рекомендаций.

## Утверждение

Пусть TS работает в режиме с фиксированными лидерами начиная с какого-то момента времени  $\tau$  и используется аддитивная модель шума.

## Анализ

- ▶ Любой несмещённый аддитивный шум не влияет на возникновение петли.
- ▶ При достаточно большом значении  $\mu_t$  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( $c_t$ )

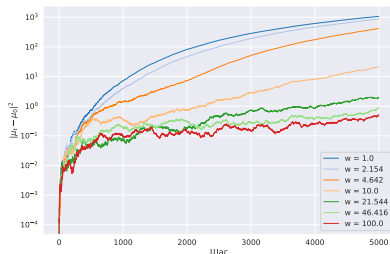
    save\_iter( $t, c_t, \mu_t$ )

**end for**

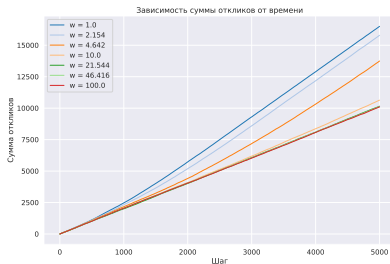


# Вычислительный эксперимент

Зависимость нормы интереса от итерации.

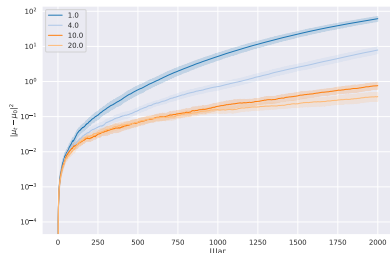


Зависимость суммы откликов от итерации.

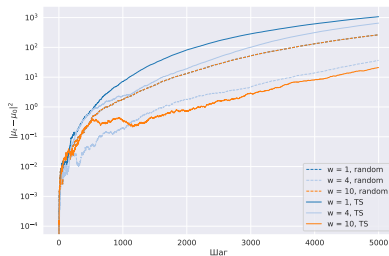


# Анализ ошибки

Разброс нормы интереса



Сравнивается MAB TS и  
случайный алгоритм.



- ▶ Поставлена задача с учётом шума в ответах пользователя для рекомендательная системы использующей алгоритм TS
- ▶ Получено, что при любых параметрах аддитивного шума возникает петля
- ▶ Показано, что утверждение подтверждается на эксперименте.