

ТЕСТИРОВАНИЕ ИНВАРИАНТАМИ В ПРИМЕНЕНИИ К ЗАДАЧЕ О МНОГОРУКОМ БАНДИТЕ

Якушева Софья Федоровна

Аспирант

ФПМИ МФТИ, Москва, Россия

E-mail: yakusheva.sf@phystech.edu

Научный руководитель — Хританков Антон Сергеевич

Одной из популярных моделей, используемых в рекомендательных системах, является модель многоруквого бандита. Её поведение ещё не изучено до конца, что грозит потерей качества рекомендаций [1], поэтому необходимы дополнительные меры для их верификации. Однако этот процесс осложнён проблемой тестового оракула [2]: не всегда возможно получить эталонную рекомендацию для сравнения.

Тестирование инвариантами (metamorphic testing) [3] - один из методов тестирования программ, решающий проблему тестового оракула. Он использует тестовые инварианты вида

$$\mathcal{R}(x_1, x_2, \dots, x_n, f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_n)) \longrightarrow \{0, 1\}, \quad (1)$$

где x_i - i тестовый вход, а $f(x_i)$ - соответствующий ему тестовый выход программы. Вместо правильности каждого отдельного ответа проверяется наличие некоторой закономерности в группе входов и выходов. Но такой инвариант может оказаться малоэффективным при тестировании стохастических систем.

Рассмотрим X как матрицу численных случайных переменных. Тогда стохастический инвариант - это процедура $\mathcal{S}(X, f(X))$, сэмплирующая входные данные, и вычисляющая детерминированный инвариант функция детерминирования $\mathcal{T}(\mathcal{S})$:

$$\mathcal{R}(X, f(X)) = \mathcal{T}(\mathcal{S}(X, f(X))). \quad (2)$$

В качестве примеров были предложены следующие инварианты для тестирования алгоритма многоруквого бандита.

MR 1: $\mathbb{E}(\psi(p_1, t)) = \mathbb{E}(\psi(p_2, t))$ для полученной суммарной награды алгоритма ψ и шага t при условии, что бандиты имеют одинаковые наборы ручек, которые были переставлены местами.

$\mathcal{S} = (\psi_1(t), \psi_2(t))$, $\mathcal{T}(\mathcal{S})$: $\mathbb{E}\psi_1 = \mathbb{E}\psi_2$.

MR 2: $\mathbb{E}(\psi_1(\varphi(p), t)) = \varphi(\mathbb{E}(\psi_2(t)))$ для полученной суммарной награды алгоритма $\psi_{1,2}$, шага t , матожиданий наград ручек p и линейного преобразования φ вида kp , $k \in (0, 1]$.

$$\mathcal{S} = (\psi_1(t), \varphi(\psi_2(t))), \mathcal{T}(\mathcal{S}): \mathbb{E}(\psi_1(t)) = \mathbb{E}\varphi(\psi_2(t)).$$

В обоих инвариантах для сравнения средних можно использовать непараметрический критерий.

Эксперимент. Был проведён контролируемый вычислительный эксперимент с использованием инструмента MLDev [4] в рамках проекта №5ГУКодИИС12-D7/72689 программы Код-ИИ при поддержке Фонда содействия инновациям. Тестировались алгоритмы Random, Thompson Sampling, EXP3, ϵ -greedy, F-DSW-TS. Использовался стохастический бернуллиевский бандит с параметром распределения, инициализированным случайным образом из $U[0, 1]$.

Результаты представлены в Таблице 1. С помощью предложенных инвариантов были обнаружены многочисленные ошибки в коде эксперимента. Также была показана возможность использования стохастических инвариантов для верификации и анализа поведения бандитов.

Таблица 1: Доля запусков, в которых инвариант выполнялся

MR	Random	ϵ -greedy	EXP3	Thompson Sampling	F-DSW-TS
MR1	1.0	1.0	0.73	1.0	0.43
MR2	0.93	0.0	0.0	0.0	0.0

Литература

1. Khritankov A., Pilkevich A. Existence Conditions for Hidden Feedback Loops in Online Recommender Systems. WISE 2021, Proceedings, Part II. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 267–274. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91560-5_19
2. Barr E., Harman M. et al. The Oracle Problem in Software Testing: A Survey. IEEE Transactions on Software Engineering 41, 5 (2015), 507–525. <https://doi.org/10.1109/TSE.2014.2372785>
3. Chen T.Y. et al. Metamorphic Testing: A Review of Challenges and Opportunities. 51, 1, Article 4 (Jan. 2018), 27 pages. <https://doi.org/10.1145/3143561>
4. Khritankov A., Pershin N., Ukhov N., Ukhov A. MLDev: Data Science Experiment Automation and Reproducibility Software. In Data Analytics and Management in Data Intensive Domains. Springer International Publishing, Cham, 2022, 3–18.