

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНСТРУМЕНТОВ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

Сорокин Н.А.<sup>1</sup>

Научный руководитель - аспирант, Филянин И.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО  
308405@niuitmo.ru

### Введение

Машинное обучение с подкреплением (Reinforcement Learning) требует проведения большого числа экспериментов: варьируются алгоритмы, гиперпараметры, окружения и конфигурации. Для каждого запуска необходимо фиксировать метрики (награды, потери, длительность эпизодов), конфигурации, версии кода и окружения, а также артефакты (модели, логи). Без единого инструмента отслеживания экспериментов исследователь вынужден вручную организовывать логи, таблицы и сравнение запусков, что трудоёмко, плохо масштабируется и снижает воспроизводимость результатов. Использование специализированных трекеров позволяет сокращать время на настройку и сравнение экспериментов и контролировать затраты на инфраструктуру [1]. В научной и практической литературе такие инструменты называют системами отслеживания экспериментов (experiment tracking systems), обеспечивающими воспроизводимость и прослеживаемость жизненного цикла алгоритмов машинного обучения.

На рынке представлено множество платформ для отслеживания экспериментов машинного обучения с подкреплением (Neptune.ai, MLflow, Weights & Biases, ClearML, Aim, Comet.ml, DVC, TensorBoard и др.), однако отсутствуют структурированные методы сравнения их пригодности для исследовательского стенда. Целью данной работы являлось проведение сравнительного анализа инструментов отслеживания экспериментов ML/RL и обоснование выбора платформы для исследовательского стенда применительно к задачам обучения с подкреплением в геораспределённых средах.

### Основная часть

В ходе исследования был выделен перечень кандидатов, разделённых по типу развёртывания: платформы SaaS (Neptune.ai, Weights & Biases, Comet.ml) и решения для самостоятельного развёртывания (MLflow, ClearML, Aim, DVC, TensorBoard). Применена двухэтапная методика: на первом этапе выполнена общая выборка по пяти параметрам (тип решения, открытость решения, академический доступ, модель развёртывания, интеграция с популярными библиотеками машинного обучения). В качестве полноценных систем отслеживания экспериментов были выбраны шесть платформ: Neptune.ai, Weights & Biases, MLflow, ClearML, Aim, Comet.ml. Тогда как DVC и TensorBoard исключены как специализированные инструменты (версионирование данных и визуализация соответственно). Neptune.ai и Weights & Biases - проприетарные решения с доступом к академическим программам; MLflow, ClearML и Aim - открытые решения под лицензией Apache 2.0, с преимущественным самостоятельным развёртыванием; Comet.ml - частично открытая платформа с бесплатным академическим доступом. Нативная интеграция с популярными библиотеками машинного обучения (Gym, Stable Baselines3, RLlib) отмечена у Weights & Biases; остальные кандидаты поддерживают интеграцию через программные вызовы или общий API. На втором этапе к шести кандидатам применены семь сравнительных критериев с оценкой по шкале от 1 до 5: качество SDK, поддержка сценариев машинного обучения с подкреплением, полнота сохраняемых артефактов, воспроизводимость, масштабируемость, стоимость и возможность самостоятельного

развёртывания, открытость решения. Наивысшие суммы баллов при равных весах критериев набрали ClearML и MLflow, затем Weights & Biases. Для сценария исследовательского стенда машинного обучения с подкреплением с приоритетом простоты интеграции, нативной поддержки популярных библиотек Stable Baselines3 и Gym и визуализации и сравнения метрик при допустимости академического использования наилучшее соответствие показал Weights & Biases, получивший максимальные оценки по поддержке распроданных библиотек, множественным отслеживаемым параметрам запусков экспериментов и удобства интеграции SDK в существующие системы. По данным исследователей использование единого трекера позволяет сократить время на настройку экспериментов, увеличить число экспериментов, а также снизить затраты на воспроизведение результатов и вероятность ошибок[2, 3].

### **Выводы**

Проведён сравнительный анализ восьми инструментов отслеживания экспериментов машинного обучения с подкреплением. По результатам двух этапов для заданного сценария исследовательского стенда машинного обучения с подкреплением выбрана платформа Weights & Biases основываясь на наивысших баллах по критериям поддержки популярных библиотек, простоты интеграции в существующие проекты, множества отслеживаемых параметров экспериментов и наличия академического доступа. Результаты сравнения предполагается использовать в дальнейших работах при описании методики экспериментов (влияние сетевой топологии на обучение RL в геораспределённых средах). Практическое внедрение: применение выбранной платформы для отслеживания метрик, конфигураций и артефактов экспериментов в исследовательском стенде обучения с подкреплением.

### **Литература**

1. Idowu S., Osman O., Strüber D., Berger T. On the Effectiveness of Machine Learning Experiment Management Tools //44th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Practice, 2022. - С. 207-208.
2. Semmelrock, H., T. Ross-Hellauer, S. Kopeinik, D. Theiler, A. Haberl, S. Thalmann, D. Kowald. Reproducibility in machine-learning-based research: Overview, barriers, and drivers.//AI Magazine. - 2025. - Т. 46.
3. Weights & Biases. Customers & case studies [Электронный ресурс]. - URL: <https://wandb.ai/site/customers> (дата обращения: 13.02.2026).