

## Discovering faster matrix multiplication algorithms with reinforcement learning

Авторы статьи: Alhussein Fawzi, Matej Balog, Aja Huang, Thomas Hubert, et al.

Автор рецензии: Барышников Антон

Данная работа предлагает новый метод поиска алгоритмов быстрого умножения матриц. Он заключается в обучении RL агента на игре «TensorGame». Каждый успешный исход в игре соответствует корректному алгоритму умножения матриц, и чем меньше ходов совершил агент, тем быстрее будет алгоритм. Новый метод не проигрывает предыдущим подходам, и улучшает результаты для некоторых размеров матриц. Работа была, предположительно, написана в 2021 году, и издана в 2022 в журнале Nature.

Четыре основных автора статьи — Alhussein Fawzi, Matej Balog, Aja Huang и Thomas Hubert. Первый автор занимался машинным обучением в математике, он является соавтором статьи про поиск полиномиальных доказательств «Learning dynamic polynomial proofs». Второй автор занимался автоматическим написанием программ, в частности, он является соавтором статьи «DeepCoder: Learning to Write Programs». Третий и четвертый авторы занимались обучением с подкреплением, и участвовали в разработке «AlphaZero», «AlphaGo» и «AlphaStar». Идея статьи естественно вытекает из профилей соавторов, так как она является комбинацией синтеза программ, математики, и обучения с подкреплением.

Статья далеко не является первой в области поиска алгоритмов умножения матриц, однако это первое применение глубинного обучения для этой задачи. Можно выделить две основных статьи, повлиявших на «AlphaTensor»: «Gaussian Elimination Is Not Optimal» (Strassen, V. 1969) и «Mastering Chess and Shogi by Self-Play with a General Reinforcement Learning Algorithm» (Silver, D. et al.). Первая статья является основоположником быстрых методов умножения матриц, а вторая предлагает основной RL алгоритм, использовавшийся в «AlphaTensor».

У статьи есть 38 цитирований. Большая часть из них не связана с областью, и «AlphaTensor» приводится сугубо в качестве примера возможностей глубинного обучения. Помимо этого, «AlphaTensor» цитируется в других статьях про умножение матриц, однако ни в одной из них не применяется глубинное обучение. Вследствие этого я не смог выделить ни прямых конкурентов, ни интересных продолжений, так как эта рецензия направлена на ML исследователей, а не на математиков.

Стоит отметить, что после выхода «AlphaTensor» была напечатана статья «The FBHHRBNRSSHK-Algorithm for Multiplication is still not the end of the story» (Kauers, M. and Moosbauer, J., 2022), опередившая предложенный алгоритм в одном из случаев. В статье нет описания метода, известно лишь что он не является нейронным.

«AlphaTensor» написана очень хорошо, все выкладки и описания легко понять. Ее результаты являются значимыми для научного сообщества, так как показывают перспективность применений глубинного обучения в фундаментальной математике. Результаты статьи легко верифицировать, но тяжело повторить из-за огромных вычислительных мощностей.

Одной из главных, и, пожалуй, единственных слабых сторон статьи является ее низкая практическая применимость: найденные алгоритмы являются медленными на практике. Авторы приводят сравнение производительности с алгоритмом Штрассена, однако не показывают производительность относительно обычных методов умножения, которые работают быстрее Штрассена на современных чипах. Вероятнее всего, авторы не хотели акцентировать внимание на этом недостатке статьи, из-за чего и не привели это сравнение.

Я бы залатал дыру и добавил сравнение с обычными методами в статью, и отвел бы больше экспериментов RL поиску XLA-оптимизированных алгоритмов, так как это является наиболее практически перспективной составляющей статьи. Будущие исследования, как мне кажется, стоит направить на поиск других практически важных задач, представимых в виде игр, и их последующую оптимизацию RL алгоритмами. Например, «AlphaTensor» можно сразу расширить на оптимизацию других линейных операций над произвольными тензорами. Особенно интересным является оптимизация произвольного кода, однако, пока что, эта задача не представима в приемлемом виде, и я направил бы исследовательские силы на закрытие этого промежутка.