

Тензорные разложения в задаче аппроксимации геологических объектов

Научный руководитель – Муравлёва Екатерина Анатольевна

Черепанов Е.К.¹, Малкершин Е.С.², Шерки Д.С.³

1 - Сколковский институт науки и технологий, Информационные технологии, Москва, Россия, *E-mail: cherepanovegor2018@gmail.com*; 2 - Сколковский институт науки и технологий, Информационные технологии, Москва, Россия, *E-mail: emalkolimp@mail.ru*; 3 - Сколковский институт науки и технологий, Информационные технологии, Москва, Россия, *E-mail: sherkidanil@gmail.com*

Объекты геологических моделей можно представить в виде трехмерных тензоров, которые могут быть разложены для сжатия данных с использованием тензорной малоранговой аппроксимации с определенной точностью. Целью данной работы являются исследование применимости различных тензорных разложений для объектов геологического моделирования и изучение зависимости среднеквадратичной ошибки от степени сжатия тензора.

Геологическое моделирование сводится к хранению большого количества трехмерных тензоров и операциями над ними. Из-за малого размера ячеек по сравнению с размером самого месторождения количество ячеек может быть большим (11 триллионов ячеек для месторождения Гавар, при условии размера ячейки 8 м × 8 м × 1 м).

Хранение и обработка таких больших объемов данных - трудная и актуальная задача. Для решения данной проблемы в настоящей работе предложено использование тензорных разложений, позволяющих существенно уменьшить занимаемый тензором объем памяти за счет использования малоранговой аппроксимации. Кубы пористости и проницаемости были взяты из исследовательской модели SPE 10 (модель 2) со сложной геологической структурой и размерностью 60 × 220 × 85 ячеек, с размерами ячеек 20, 10 и 2 фута в каждом направлении.

На рисунке 1 можно увидеть результаты одного из используемых разложений - Tensor-Train (ТТ) разложения [2]. Также была реализована аппроксимация тензора пористости как сложной функции нескольких переменных с использованием искусственной нейронной сети (ANN). Согласно теореме Цыбенко, любую сложную функцию многих переменных можно аппроксимировать с заданной точностью с помощью нейронной сети, что теоретически может позволить получить выигрыш в занимаемом объеме памяти за счет хранения весов модели нейронной сети [1].

Главным выводом данной работы является то, что с помощью тензорных разложений можно добиться приемлемой точности восстановленных тензоров при значительном сжатии даже для объектов со сложной геологической структурой (например, сжатие 20% при среднеквадратической ошибке ~0.015). Дальнейшими перспективами данной работы являются использование ANN с большим количеством параметров, а также проведение геологических и гидродинамических расчетов и сравнение их результатов с результатами исходной модели.

Источники и литература

- 1) Cybenko, G. V. Approximation by Superpositions of a Sigmoidal function // Mathematics of Control Signals and Systems. — 1989. — Т. 2, № 4. — С. 303—314.
- 2) Oseledets, Ivan. (2011). Tensor-Train Decomposition. SIAM J. Scientific Computing. 33. 2295-2317. 10.1137/090752286.

Иллюстрации

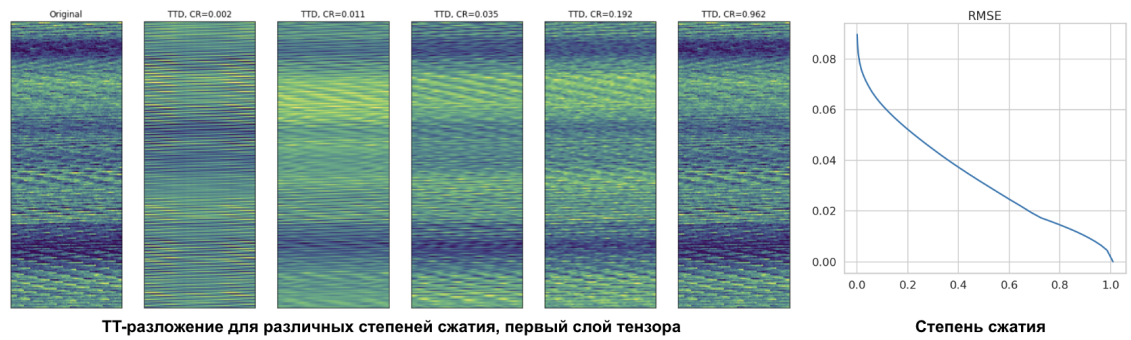


Рис. Визуализация первого слоя восстановленного тензора при различных степенях сжатия (слева) и зависимость средней квадратичной ошибки от степени сжатия для ТТ-разложения (справа).