

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АНГАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ГЕОФИЗИКИ СО РАН

# **НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИССЛЕДОВАНИИ СЛОЖНЫХ СТРУКТУР**

**МАТЕРИАЛЫ  
ЧЕТЫРНАДЦАТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
19–24 сентября 2022 г.**

Томск  
Издательский Дом Томского государственного университета  
2022

# ПРИМЕНЕНИЕ ФРЕЙМВОРКА TENSORFLOW ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ\*

*Н.А. Матолыгина<sup>1</sup>, М.Л. Громов<sup>1</sup>, А.К. Матолыгин<sup>1</sup>, С.Н. Торгаев<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Томский государственный университет, Томск, Россия

<sup>2</sup> Томский политехнический университет, Томск, Россия  
nat.shalyapina@gmail.com

## USING THE TENSORFLOW FRAMEWORK FOR THE IMPLEMENTATION OF CELLULAR AUTOMATA

*N.A. Matolygina<sup>1</sup>, M.L. Gromov<sup>1</sup>, A.K. Matolygin<sup>1</sup>, S.N. Torgaev<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Tomsk state university, Tomsk, Russia

<sup>2</sup> Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia

Клеточные автоматы и модели на их основе активно применяются при решении задач физики сплошных сред [1], химии [2] и др. Клеточный автомат представляет собой дискретную динамическую модель, функционирование которой происходит в  $n$ -мерном пространстве, представляющим собой множество ячеек одинаковой формы и размера, и дискретные промежутки времени, называемые тактами. Каждая ячейка модельного пространства соответствует некоторой области моделируемого физического пространства и описывается набором безразмерных характеристик.

Моделирование при помощи клеточных автоматов заключается в поиске состояний ансамбля клеток автомата по истечении заданного количества тактов работы автомата. Полученное множество состояний некоторым образом характеризует состояние исследуемого процесса или объекта (скорость потока жидкости в отдельных точках, концентрацию веществ и т.д.). Таким образом, задачу моделирования некоторого процесса или объекта клеточным автоматом можно разбить на две подзадачи. Во-первых, исследователь должен выбрать параметры автомата (размерность сетки клеток, форму клеток, тип окрестности соседей и т.д.). А во-вторых, программно реализовать поведение выбранного клеточного автомата.

Сама по себе концепция клеточного автомата достаточно простая и идея программной реализации лежит на поверхности. Однако количество требуемых вычислений и структура этих вычислений наталкивают на мысль о применении современных суперкомпьютеров, располагающих большим количеством вычислительных ядер и поддерживающих крупноблочный параллелизм. В качестве такого суперкомпьютера может выступать графическая видеокарта. Помимо того, что видеокарты доступны для широкого круга пользователей, для них существуют специальные рабочие среды (фреймворки), которые эффективно эксплуатируют многоядерность видеокарт и освобождают исследователя от необходимости самостоятельно организовывать параллельные участки программы и распределять данные между ними. Одним из таких фреймворков является TensorFlow.

Основной структурой данных фреймворка TensorFlow является тензор (многомерная матрица). Таким образом, чтобы описать процесс функционирования клеточного автомата, необходимо сам клеточный автомат представить в виде тензора, а правила перехода автомата из одного состояния в другое, представить в виде некоторых тензорных операций.

Предложенный способ программной реализации клеточных автоматов апробирован нами на некоторых клеточных автоматах и клеточно-автоматных моделях. В первую очередь, реализован самый известный клеточный автомат – Игра «Жизнь» [3, 4]. Результаты компьютерных экспериментов показали, что при одинаковых размерах и конфигурации клеточного автомата, время выполнения однопоточной реализации в четыре раза медленнее реализации на TensorFlow, что подтверждает эффективность данного способа реализации.

Кроме «простых» клеточных автоматов, предложенный способ реализации может быть применен к более сложным клеточно-автоматным моделям, при помощи которых моделируются некоторые пространственно-распределенные процессы. Так, в [5] описан опыт реализации клеточно-автоматной модели диффузии с окрестностью Марголуса. В этом случае, поворот чётных и нечётных блоков реализован не стандартными тензорными операциями TensorFlow, а пользовательской. В фреймворке имеется возможность внедрять собственные операции над тензорами на уровне манипуляции основными структурами данных (массивами), которыми представляются тензоры. Библиотеки разработчиков TensorFlow позволяют реализовывать операции над данными как программы для центрального процессора, так и как программы для графических ускорителей на языке CUDA от NVIDIA.

Таким образом, способ реализации клеточных автоматов и клеточно-автоматных моделей на графических ускорителях с применением фреймворка TensorFlow видится эффективным, что подтверждается компьютерными экспериментами, и универсальным, поскольку с его помощью могут быть реализованы как «простые» клеточные автоматы, так и модели, применяющиеся для описания реальных физических процессов.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-31-90070 Аспиранты.

### Литература

1. *Медведев Ю.Г.* Трехмерная клеточно-автоматная модель потока вязкой жидкости // *Автометрия*. – 2003. – № 39 (3). – С. 43–50.
2. *Киреева А.Е., Сабельфельд К.К., Мальцева Н.В.* Трехмерная клеточно-автоматная модель электрохимического окисления углерода Ketjen Black EC-600JD // *Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика*. – 2019. – № 46. – С. 31–39.
3. *Gardner M.* The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life" // *Scientific American*. – 1970. – Vol. 223, № 4. – P. 120–123.
4. *Shalyapina N.A., Gromov M.L.* "Life" in Tensor: Implementing Cellular Automata on Graphics Adapters // *Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS*. – 2019. – № 31 (3). – P. 217–228.
5. *Matolygin A.K., Shalyapina N.A., Gromov M.L., Torgaev S.N.* Tensor approach to software implementation of cellular automata model of diffusion // *J. Phys.: Conf. Ser.* – 2020. – Vol. 1680. – P. 1–6.