

Решение задачи назначения командира клеточными автоматами

М. Ф. Музаффарова¹

Задача назначения командира состоит в следующем. В начальный момент времени, каждая клетка двумерного клеточного автомата может быть белой или чёрной. Черные клетки в совокупности составляют связную фигуру. Необходимо, чтобы в финальной конфигурации ровно одна черная клетка перешла в специальное состояние «командир». Получена верхняя оценка времени решения задачи.

Ключевые слова: Плоский клеточный автомат, связная фигура, назначение командира

Клеточные автоматы впервые предложены одним из основоположников современных компьютерных технологий Джоном фон Нейманом [1] для описания процессов самовоспроизведения в биологии и технике. В настоящее время клеточные автоматы широко используются в компьютерных науках, математике, физике, микромеханике и теоретической биологии.

Актуальность исследований в области клеточных автоматов продолжает расти по мере распространения параллельных вычислений. В данный момент ведутся активные исследования в области автоматов и однородных структур [2], [3].

На механико-математическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова исследованием однородных структур занимались В. Б. Кудрявцев, А. С. Подколзин, А. А. Болотов [4].

В определенных задачах, решаемых с применением клеточных автоматов, в начальный момент времени помимо начальных состояний всех клеток, требуется задать клетку с отличающимся состоянием, чтобы опираться на нее в ходе решения задачи. Эту клетку назовем командиром. Цель данной работы заключается в назначении командира клеточными автоматами среди черных клеток, в совокупности представляющих собой связную фигуру, а также в оценке времени назначения командира в любой связной фигуре клеточными автоматами.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю д.ф.- м.н., профессору Э. Э. Гасанову за постановку задачи и научное руководство, внимание к работе и всестороннюю поддержку.

¹ *Музаффарова Мохидил Фаррух кизи* — студент факультета прикладной математики и информатики филиала МГУ в г. Ташкенте, e-mail: mohidil.muzaffarova@gmail.com

Muzaffarova Mokhidil Farrukh qizi — student, Lomonosov Moscow State University, Tashkent branch, Faculty of Applied Mathematics and Computer Science

Будем использовать терминологию и обозначения, введенные в [5].

Дан клеточный автомат $\sigma = (\mathbb{Z}^2, E_n, V, \varphi)$, где \mathbb{Z}^2 — множество двумерных векторов с целыми координатами.

Шаблон соседства имеет вид $V = \{(-1, 0), (0, -1), (1, 0), (0, 1)\}$.

Далее ячейки клеточного автомата будем называть клетками.

Определение задачи назначения командира.

В начальный момент времени клетки автомата могут находиться в одном из двух состояний: 0 или 1, где 0 — белый цвет, 1 — черный цвет. Необходимо, чтобы в финальной конфигурации ровно одна черная клетка перешла в специальное состояние «командир».

Теорема 1. *Если периметр прямоугольника, охватывающего начальную связную конфигурацию, равен p , то задача назначения командира может быть решена клеточным автоматом за время, не превышающее $3p$.*

Идея доказательства теоремы состоит в следующем.

Для решения задачи назначения командира клеточными автоматами предлагается алгоритм, состоящий из двух этапов. На первом этапе связная фигура заполняется до минимального охватывающего прямоугольника. Сам командир определяется на втором этапе алгоритма внутри полученного прямоугольника.

Получено, что любая связная фигура заполняется до минимального охватывающего прямоугольника не более, чем за $n + m - 3$ шагов, где n, m — стороны прямоугольника.

Поскольку в клеточных автоматах каждая клетка может знать только своё состояние и состояние своих соседей, то для того, чтобы понять, что минимальный охватывающий прямоугольник уже построен и можно приступить к назначению командира, запускается “проверяющий сигнал”. “Проверяющий сигнал”, начиная с левой верхней угловой клетки, по часовой стрелке обходит внешнюю границу фигуры. Когда “проверяющий сигнал” заканчивает обход и понимает, что обошел прямоугольник, считается, что фигура заполнилась до минимального прямоугольника, содержащего начальную конфигурацию.

Поскольку “проверяющий сигнал” может быть запущен из нескольких клеток, то для неправильных “проверяющих сигналов” запускается “затирающий сигнал”, который будет затирать неправильный “проверяющий сигнал”. Оказалось, что при равных скоростях “затирающего” и “проверяющего” сигналов, могут возникать случаи, когда клеточный автомат неправильно определяет момент построения охватывающего прямоугольника. Но если скорость “затирающего сигнала” в два раза больше скорости “проверяющего сигнала”, тогда алгоритм работает корректно.

После заполнения начальной фигуры до минимального охватывающего прямоугольника, на втором этапе алгоритма приступаем к назначению командира. Начиная с левой верхней клетки прямоугольника, слева направо по границе делается обход до тех пор пока не найдется клетка, которая была черной в начальной конфигурации. Как только такая клетка найдена, закрашиваем ее в красный цвет. Эта клетка и будет командиром.

Список литературы

- [1] Дж. фон Нейман, “Теория самовоспроизводящихся автоматов”, *Мир, Москва*, 1971.
- [2] Титова Е. Е., “Конструирование изображений клеточными автоматами”, *Интеллектуальные системы*, 2014.
- [3] Гасанов Э. Э., “Клеточные автоматы с локаторами”, *Интеллектуальные системы. Теория и приложения.*, 2020.
- [4] Кудрявцев В. Б., Подколзин А. С., Болотов А. А., “Основы теории однородных структур”, *Наука*, 1990.
- [5] Кудрявцев В. Б., Гасанов Э. Э., Подколзин А.С., “Теория интеллектуальных систем: в 4 кн. Книга четвертая.”, *Теория автоматов., Издательские решения, Москва*, 2018, ISBN: 978-5-4493-5160-9.

Solving the problem of appointing a commander by cellular automata

Muzaffarova M.F.

The task of appointing a commander is as follows. At the initial moment of time, each cell of a two-dimensional cellular automata can be white or black. The black cells together make up a connected figure. It is necessary that in the final configuration, exactly one black cell passes into the special “commander” state. An upper bound is obtained for the time required to solve the problem.

Keywords: Plane cellular automata, connected figure, appointment of a commander

References

- [1] John von Neumann, “Theory of self-reproducing automata”, *Peace, Moscow*, 1971 (In Russian).
- [2] Titova E.E., “Image construction by cellular automata”, *Intelligent Systems*, 2014 (In Russian).
- [3] Kudryavtsev V.B., Podkolzin A.S., Bolotov A.A., “Fundamentals of the theory of homogeneous structures”, *Science*, 1990 (In Russian).

- [4] Gasanov E.E., “Cellular automata with locators”, *Intelligent Systems. Theory and applications.*, 2020 (In Russian).
- [5] Kudryavtsev V.B., Gasanov E.E., Podkolzin A.S., “Intelligent System Theory: book four.”, *Automata theory.*, *Publishing solutions, Moscow*, 2018, ISBN: 978-5-4493-5160-9 (In Russian).