

УДК 004.94

DOI: 10.18384/2310-7251-2018-3-50-53

САМООРГАНИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ «УЧИТЕЛЬ-УЧЕНИКИ» В РАМКАХ МОДЕЛИ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

Адамсон Н.Н., Калашников Е.В.

*Московский государственный областной университет
141014, Московская область, г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, д. 24,
Российская Федерация*

Аннотация. В клеточном автомате, размерностью $N \times N$, соответствующего коллективу из конечного числа N учеников, исследуется процесс самоорганизации. Для этого анализируется энтропия клеточного автомата на каждом шаге обучения (итерации) и производство энтропии.

Ключевые слова: клеточный автомат, самоорганизация, энтропия, производство энтропии.

SELF-ORGANIZATION IN THE “TEACHER-STUDENTS” SYSTEM WITHIN THE FRAMEWORK OF THE CELLULAR AUTOMATION MODEL

N. Adamson, E. Kalashnikov

*Moscow Region State University
24 ulitsa Veri Voloshinoy, Mytishchi 141014, Moscow Region, Russian Federation*

Abstract. In a cellular automaton of size $N \times N$, corresponding to an ensemble of a finite number N of students, the process of self-organization is investigated. For this purpose, the entropy of the cellular automaton at each step of training (iteration) and entropy production are analyzed.

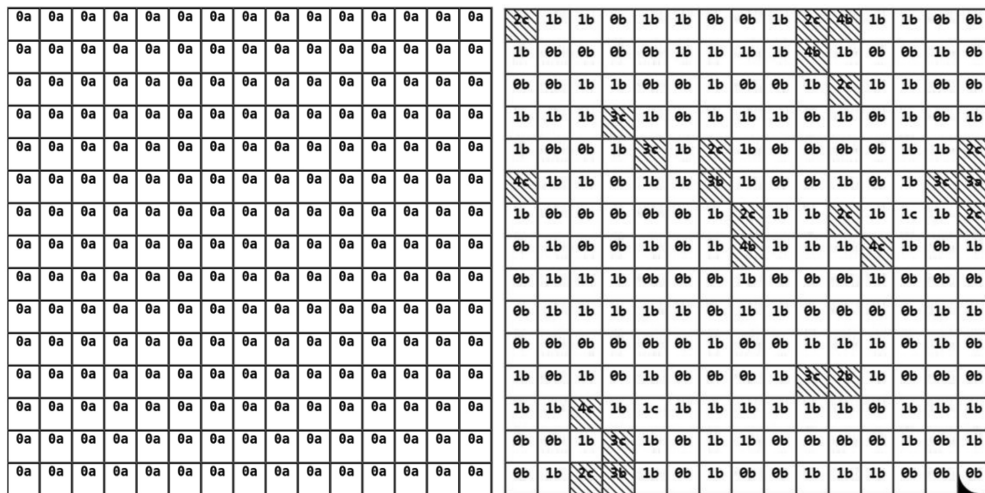
Key words: cellular automaton, self-organization, entropy, entropy production.

Введение

В предыдущей работе [1] нами исследовано поведение коллектива «учитель-ученики» в рамках представления клеточных автоматов (КА). Было показано, что на пространстве состояний КА (рис. 1а) уже после нескольких (8–10) шагов итераций (шагов обучения) (рис. 1б) возникает особая структура, проявляющая тенденцию к самообучению. Это проявляется в следующем:

1) каждая клетка характеризуется двумя «позициями» – готовностью клетки к обучению (тактовая последовательность a , b , c) и «весом» W , который клетка приобретает в процессе итераций (обучения);

2) каждая клетка в процессе обучения (итераций), которой повезло больше соседних, начинает увеличивать свой «вес». Активность других клеток при этом подавляется (рис. 1б).



a

b

Рис. 1. (*a* – начальное состояние КА; *b* – состояние КА после 10 шагов итерации)

Чтобы выявить процессы, происходящие в пространстве клеточного автомата, воспользуемся идеями Пригожина [2] и Хакена [3], выделяющих класс систем (диссипативных или самоорганизующихся), в которых возможно возникновение новых структур.

Самоорганизация клеточного автомата

Основным показателем самоорганизации в системе является производство энтропии $\frac{dS}{dt}$ [2; 3]. Если $\frac{dS}{dt} \leq 0$, то в системе возникает диссипативная (или самоорганизованная) структура.

Для каждого шага итерации (обучения) строим энтропию

$$S(t) = - \sum_j p_j(t) \ln p_j(t). \tag{1}$$

Здесь $S(t)$ – энтропия в момент времени t , постоянная Больцмана приравнена 1; $p_j(t)$ – вероятность обнаружить в момент времени t клетку с определённым «весом» W_j :

$$p_j(t) = \frac{N_j(t)}{N \cdot N}, \tag{2}$$

где $N_j(t)$ – число клеток с j -ым «весом» W_j , $N \times N$ – полное число клеток клеточного автомата (рис. 1*a*).

Тогда производство энтропии на каждом шаге итерации равно приращению:

$$\Delta S = S(t+1) - S(t) \tag{3}$$

Подставляя в (3) выражение (1) для каждого шага итерации найдём поведение производства энтропии (рис. 2):

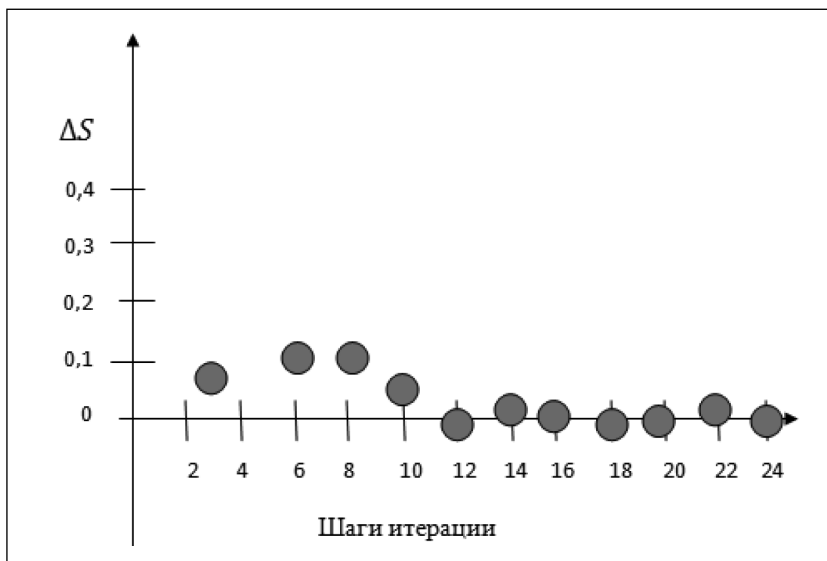


Рис. 2. Приращение энтропии ΔS в зависимости от шагов итерации.

Обсуждение

Как следует из рис. 2, на первых шагах итераций (обучения) в состоянии КА наступает хаос, $\Delta S > 0$. Этому соответствует появление большого числа клеток $N_j(t)$ с весом $W_{j=2} = 2$. Далее, после 10-ти шагов итерации в КА происходит перестройка (рис. 1b). Появляются клетки с весом $W_{j=4} = 4$. Из этих клеток появляются клетки, но с другими большими весами $W_{j=20} = 20$. Их число хотя и возрастает, но не превышает предыдущие числа клеток с меньшими весами. При этом число клеток с малыми весами постепенно исчезает. Такая ситуация в явном виде показывает, что в пространстве состояний клеточного автомата происходит самоорганизация и показателем этого является поведение приращения энтропии $\Delta S \leq 0$.

Статья поступила в редакцию 15.08.2018 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамсон Н.Н., Калашников Е.В. Модель «учитель-ученик» в рамках представления клеточных автоматов // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-Математика. 2018. № 1. С. 6–15.
2. Глендсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. М.: Мир, 1973. 280 с.
3. Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам : пер. с англ. Ю.А. Данилова. М.: Мир, 1991. 240 с.

REFERENCES

1. Adamson N.N., Kalashnikov E.V. [A 'teacher-students' model within the framework of cellular automata]. In: *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Fizika-Matematika* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics], 2018, no. 1, pp. 6–15.
2. Glensdorf P., Prigozhin I. *Termodinamicheskaya teoriya struktury, ustoichivosti i fluktuatsii* [Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations]. Moscow, Mir Publ., 1973. 280 p.
3. Haken H. *Information and self-organization: A macroscopic approach to complex systems* (Berlin: Springer, 2006)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Адамсон Николай Николаевич – аспирант, Московский государственный областной университет;
e-mail: nikolay-256@yandex.ru;

Калашников Евгений Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительной математики и методики преподавания информатики, Московский государственный областной университет;
e-mail: ekevkalashnikov1@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikolay N. Adamson – post-graduate student, Moscow Region State University;
e-mail: nikolay-256@yandex.ru;

Kalashnikov Evgeny V. – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Computational Mathematics and Methods of Teaching Informatics, Moscow Region State University;
e-mail: ekevkalashnikov1@gmail.com

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Адамсон Н.Н., Калашников Е.В. Самоорганизация в системе «Учитель-ученики» в рамках модели клеточных автоматов // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-Математика. 2018. № 3. С. 50-53.
DOI: 10.18384-2310-7251-2018-3-50-53

FOR CITATION

Adamson N.N., Kalashnikov E.V. Self-organization in the "teacher-students" system within the framework of the cellular automation model In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Physics and Mathematics*, 2018, no. 3, pp. 50-53.
DOI: 10.18384-2310-7251-2018-3-50-53