

УДК 141.141+004.81

DOI:

10.15372/PS20180409

**А.В. Колесников****ХАОС И САМООРГАНИЗОВАННАЯ КРИТИЧНОСТЬ  
В ФОРМИРОВАНИИ КОНЦЕПЦИИ ЦИФРОВОЙ  
ФИЛОСОФИИ СОЗНАНИЯ\***

Проблема сознания является ключевой для философии и представляет собой один из ее основных вопросов. Цель настоящего исследования состояла в развитии концепции цифровой философии сознания на основе теории хаоса и самоорганизованной критичности. Для этого были разработаны континуальные клеточно-автоматные парадигмальные модели двух основных компонентов сознания: психики и мышления. Модели предназначены для выявления базовых общих принципов, лежащих в основе природы феномена сознания в понятийной системе современной цифровой философии. Модели выполнены в виде континуальных клеточных автоматов в одномерном и двумерном вариантах. Новизна работы состоит в применении явления динамического хаоса для воспроизведения эмерджентных свойств психических процессов как серий неповторяющихся детерминированных состояний распределенной кооперативной системы. На основе теории самоорганизованной критичности разработаны правила перехода в клеточно-автоматной модели, воспроизводящей распространение и векторизацию лавин импульсов, репрезентирующих субстанциональную детерминацию когнитивных процессов. Рассмотренные клеточные модели могут быть объединены. Комплексная объединенная модель носит обобщенный характер и воспроизводит некоторые ключевые свойства агентов, наделенных психикой и сознанием. Речь идет о спонтанности и эмерджентности, об имитации уникального внутреннего событийного потока собственного бытия, а также о генерации лавин импульсов возбуждения и торможения, способных стать основой для когнитивных процессов и регулятивов поведения, в том числе весьма сложного и разнообразного. Разработанные модели могут найти применение в практике исследования и прогнозирования поведения человекомерных систем, в образовательном процессе, а также в области развития методологии искусственного интеллекта и робототехники.

*Ключевые слова:* цифровая философия; клеточные автоматы; хаос; самоорганизованная критичность; сознание; психика

---

\* Публикация подготовлена при поддержке грантов БРФФИ (договор № Г18Р-191 от 30.05.2018 и №Г18МС-042 от 30.05.2018)

**A.V. Kolesnikov**

## **CHAOS AND SELF-ORGANIZED CRITICALITY IN FORMING THE CONCEPT OF DIGITAL PHILOSOPHY OF CONSCIOUSNESS**

The problem of consciousness is a crucial issue of philosophy. This research was aimed at developing the concept of digital philosophy of consciousness on the basis of the theory of chaos and self-organized criticality. For this purpose, we developed continuous cellular-automaton paradigmatic models of the two main components of consciousness – psyche and thinking. The models are designed to discover basic general principles underlying the nature of the phenomenon of consciousness in terms of modern digital philosophy. The models are made in the form of continuous cellular automata in one-dimensional and two-dimensional versions. The novelty of the work consists in applying the phenomenon of dynamic chaos to reproduce emergent properties of mental processes as a series of nonrecurring deterministic states of a distributed cooperative system. Basing on the theory of self-organized criticality, we developed rules for transition in the cell-automaton model which reproduces the propagation and vectoring of pulse avalanches representing the substantive determination of cognitive processes. The considered cellular models can be combined. The integrated combined model has a general character and reproduces some key properties of agents endowed with mentality and consciousness. Here, we mean spontaneity and emergency, imitation of a unique internal event flow of one's own being, as well as generation of avalanches of excitation and inhibition pulses that can become a basis of cognitive processes and behavioral regulators, including very complex and diverse one. The developed models can be applied in studying and forecasting the behavior of human-like systems, in the education process, as well as in the development of the methodology of artificial intelligence and robotics.

*Keywords:* digital philosophy; cellular automata; chaos; self-organized criticality; consciousness; psyche

На протяжении всей истории развития философии и науки в целом проблема сознания всегда была одним из основных вопросов, лежащих в основе построения научной картины мироздания. Особую актуальность он приобрел в настоящее время, когда происходит бурное развитие искусственного интеллекта и робототехники, а также в связи с открывающимися новыми возможностями познания механизмов функционирования и эволюции сложных человекомерных социальных систем. Несмотря на впечатляющие успехи нейронаук проблема сознания так и остается весьма трудной и окончательно нерешенной. До настоящего времени так и не удалось раскрыть ключевые механизмы возникновения феномена субъективных ощущений, психики и мышления.

Появление мощных вычислительных инструментов – компьютеров привело к революционным открытиям в различных областях научного знания. Прежде всего, конечно, в области точных естественных наук, позволив, подобно микроскопу или телескопу, открыть новые миры фрактальной геометрии, динамического хаоса, нелинейных явлений и самоорганизации. Не исключением оказались и социально-гуманитарные науки, а также философия. На основе возможностей, которые открывает применение компьютеров и современных информационных технологий в области гуманитарного знания, получила распространение цифровая гуманитаристика, а также была сформулирована концепция цифровой философии [1].

Цифровая философия представляет собой одну из наиболее перспективных и современных онтологических моделей в системе философского знания и междисциплинарных исследований. Концепция цифровой философии была предложена Эдвардом Фредкиным (Edward Fredkin) [5] и получила предварительное и дальнейшее развитие в работах Стивена Вулфрема (Stephen Wolfram) [11, 12], Грегори Чейтина (Gregory J. Chaitin) [3, 4], Конрада Цузе (Konrad Zuse) [13] и др.. Суть идеи состоит в том, что окружающая нас реальность, включая, нас самих, может рассматриваться как вычислительный процесс. А вся Вселенная может быть представлена как колоссальный естественный параллельный компьютер, вычисляющий и реализующий свою собственную историю.

Базовой моделью, парадигмой цифровой философии являются клеточные автоматы. Клеточные автоматы представляют собой класс дискретных игр, происходящих на бесконечной клеточной поверхности. В общем случае каждая клетка может находиться в каком-то из множества состояний. В самом простом варианте таких состояний всего два. Время в играх клеточных автоматов течет дискретно, фиксированными тактами, в течение которых все клетки мгновенно обмениваются информацией и изменяют свое состояние по определенным правилам, называемым правилами перехода. Правила перехода определяют ту или иную форму зависимости состояния каждой клетки в следующий момент времени от состояний ее ближайших восьми или четырех соседей.

Самый известный клеточный автомат – это игра “Жизнь”, предложенная в семидесятые годы двадцатого столетия Дж. Конвеем (John H. Conway) [6]. Суть игры заключается в следующем. Каждая клетка на бесконечной плоской клеточной поверхности может

находиться в одном из двух состояний - то есть быть живой или мертвой. Первоначально на поверхности должна уже существовать некоторая начальная конфигурация клеток. В следующий момент дискретного времени живая клетка остается живой, если вокруг нее, то есть в соседних восьми ячейках, находится две или три живых клетки. Если вокруг пустой клетки расположились ровно три живых соседа, то в следующий момент времени она также оживает. Во всех остальных случаях клетка либо остается, либо становится пустой. Моделирование этой простой игры на компьютере демонстрирует крайне разнообразное и сложное самоорганизационное поведение. Эволюции конфигураций игры Жизнь напоминают копошение колоний живых организмов, что, собственно, и послужило основой для её названия.

Игры клеточных автоматов позволяют моделировать и воспроизводить самые разнообразные динамические и эволюционные процессы в сложных распределенных системах. По своей природе клеточные автоматы можно рассматривать как своеобразный дискретный аналог дифференциальных уравнений в частных производных. Один из основателей и разработчиков идеи клеточных автоматов – Конрад Цузе – первоначально использовал термин вычислительные пространства (Rechnender Raum, Calculated space), который, возможно, даже точнее отражает суть идеи, так как состояние клеток может быть представлено не только дискретным, но и непрерывным множеством состояний. В этом случае следует говорить о континуальных клеточных автоматах или континуальных вычислительных пространствах.

Простота и универсальность идеи клеточных автоматов обусловили возникновение на их основе двух фундаментальных общенаучных концепций – цифровой физики и цифровой философии. Разумеется, что возникновение цифровой физики и цифровой философии было бы невозможно без компьютера, так как наблюдать и исследовать эволюции структур клеточных автоматов невозможно без мощного вычислительного инструмента – компьютера. Таким образом, цифровая философия и цифровая физика представляют собой порождение компьютерной технологической революции, которые не могли появиться раньше этого нового инструмента познания.

Центральной проблемой философии, в отличие от физики, предметом которой выступает микро, макро и мега структура Все-

ленной, является самопознание. Кратко и метафорически емко предмет философии выразил Поль Гоген в надписи на своей картине - откуда мы, кто мы, куда идем. В этой же плоскости обозначается и различие между цифровой физикой и цифровой философией. Наибольший интерес в рамках цифровой философии представляет идея моделирования психических и когнитивных процессов, лежащих в основе сознания, а также, в конечном счете, и феномена “я”.

В основе концепции цифровой философии и цифровой физики лежит представление о вычислимой или вычисляющей Вселенной. Несколько иной точки зрения придерживается Роджер Пенроуз (Roger Penrose). Он высказал предположение о невычислимых состояниях, лежащих в основе природы психики и сознания, связав их с квантовыми свойствами материи. В работе [9] он также неоднократно поднимает и обсуждает вопрос о возможной роли динамического хаоса в детерминации невычислимых состояний, лежащих в основе сознания. Пенроуз склонен, тем не менее, относить детерминированный хаос к принципиально вычислимым процессам. Несколько иную точку зрения высказывает известный специалист в области нелинейных явлений Клаус Майнцер (Klaus Mainzer). Он рассматривает поведение распределенных кооперативных систем с элементами нелинейности (в частности клеточных автоматов), как необратимое и вычислительно неприводимое [7].

Теория хаоса также представляет собой порождение цифровой эпохи и компьютерной математики, так как без мощного вычислительного инструмента, снабженного, при этом, графическими устройствами отображения информации, открытие и исследование детерминированного хаоса было бы невозможно. Теория хаоса без преувеличения перевернула всю науку конца двадцатого века, затронув самые фундаментальные ее основы, в том числе такие казавшиеся незыблемыми, как принцип детерминизма. Как оказалось очень простые, строго детерминированные математические уравнения способны порождать сверхсложные числовые последовательности, “налипающие” на некие трудно вообразимые пространственные формы, которые получили название – странные аттракторы. Одной из простейших моделей теорией хаоса является уравнение Ферхюльста, способное при определенных значениях параметров генерировать квазихаотические числовые последовательности. Все эти структуры имеют фрактальную геометрическую природу и описываются в рамках фрактальной геометрии, также всецело обязанной

своим возникновением быстродействующим графическим компьютерам.

Основным методологическим следствием теории хаоса явилось положение о том, что простые детерминированные законы природы могут быть по сути хаотичными. Более того, то, что мы привыкли воспринимать как порядок и закономерность на самом деле представляют собой лишь частный случай закономерности, по существу островки традиционного порядка в море хаоса, который оказался не менее строгим механическим законом, чем все, что мы под этим понимали ранее. Оказалось, что в основе хаоса лежит не вероятность и статистическая причинность, а самоподобие и тонкий порядок сложных фрактальных геометрических структур.

Хаос тесно связан со временем. Открытие хаоса привнесло в науку, в частности в физику, истинное историческое время, которое до этого в ней просто не существовало. Речь идет не об измерении интервалов длительности путем подсчета тиканий часов, а об истинном историческом времени Вселенной. Суть обретения времени естественными науками раскрыта в работе И. Пригожина [10]. Время это не тиканье часов, а то, что делает всякое событие во Вселенной уникальным, происходящим один раз. Это то, что превращает эволюцию Вселенной в историю, а жизнь человека в судьбу.

Именно наличие судьбы и пребывание или включенность в истинное историческое время Вселенной отличает живой организм от робота. Робот не имеет судьбы и не ощущает времени своего существования, а муравей или человек – ощущает. Вопрос о том, смогут ли когда-либо роботы уподобиться живым организмам и начать ощущать себя во времени, обладать судьбой и субъективным ощущением переживания бытия, крайне интересен и актуален. Вероятнее всего – да сможет, после того, когда мы поймем природу и механизм детерминации “я”. В качестве гипотезы выскажем предположение, что, по крайней мере, один из путей к этому может лежать именно через математику хаоса, понимание истинного исторического времени, а также инструментальные средства и парадигмальные протоконструкты цифровой философии.

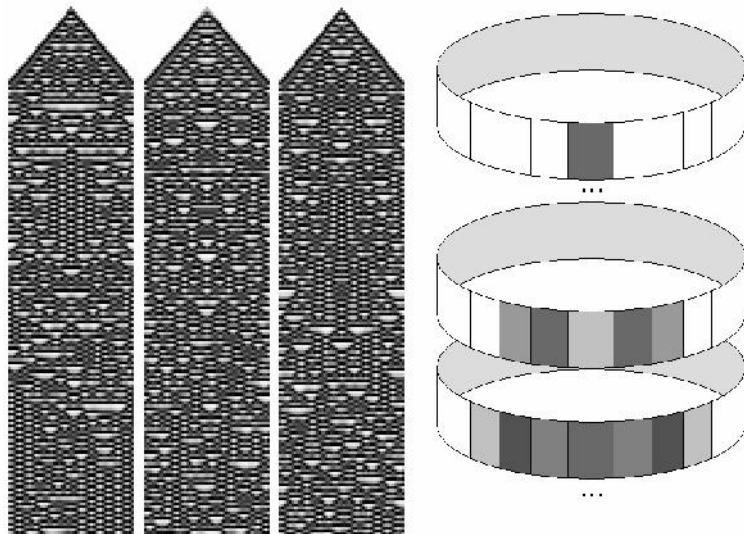
Вычислим ли хаос, может ли детерминированная алгоритмическая вычислительная процедура обладать подобием судьбы, может ли низкоуровневый клеточный субстрат оказывать влияние на вычислительный процесс и создавать собственный уникальный рисунок на ткани клеточного вычислительного пространства, пода-

вая, тем самым, персонализированный сигнал самому себе - “я существую”.

На языке клеточных автоматов проблема синтеза ощущения истинного времени эквивалентна задаче создания такого клеточного автомата, который мог бы порождать бесконечные уникальные серии неповторяющихся конфигураций по одним и тем же детерминированным правилам перехода в зависимости от различных начальных условий. Создание подобных континуальных вычислительных пространств возможно на основе детерминированного хаоса. Поясним сказанное на примере простого одномерного континуального клеточного автомата. Для этого представим себе ленту, разделенную на клетки и замкнутую в кольцо. Таким образом, на ленте не будет крайних клеток. Количество сегментов на ленте должно быть нечетным, чтобы обеспечить симметричность конфигурации относительно некоторой произвольно выбранной начальной клетки, которая будет считаться центральной. Каждая клетка клеточного автомата может принимать любое из непрерывного множества значений в интервале от нуля до единицы. Первоначально в некоторую единственную начальную клетку, которая будет считаться центральной, помещается произвольное случайное действительное число, лежащее в интервале от нуля до единицы. Далее правила перехода примем следующими. Значение или состояние каждой клетки на ленте вычисляется по одной и той же формуле, в которую входит параметр  $r$ , а также величина  $s$ , представляющая собой среднее значение текущей клетки и двух ее соседних ячеек – правой и левой, предыдущей и следующей. Конкретный вид уравнения не имеет принципиального значения. Это может быть любое унимодальное отображение, способное в зависимости от значения параметра  $r$  переходить к хаосу через серию бифуркаций удвоения периода по сценарию Фейгенбаума.

Таким образом, от цикла к циклу конфигурация должна развиваться от центральной клетки симметрично в обе стороны по ленте. Поскольку правило и расчетная формула перехода одинакова для всех клеток, а начальное ненулевое значение размещается в единственной центральной клетке, то очевидно, что конфигурация клеточного автомата должна оставаться симметричной на протяжении сколько угодно большого количества циклов эволюции. На практике же происходит нечто совсем иное. Со временем клеточный автомат начинает вести себя невозможным, с точки зрения эле-

ментарной арифметики, образом – симметрия нарушается и постепенно на ленте генерируется уникальная серия неповторяющихся ассиметричных конфигураций. На рис. 1 приведено три примера моделирования описанного клеточного автомата с различными начальными условиями.



*Рисунок 1* – Нарушение симметрии в эволюции замкнутого одномерного непрерывного клеточного автомата в результате усиления малых погрешностей вычислений с плавающей точкой в режиме детерминированного хаоса.

В цифровой вычислительной машине это происходит из-за особенностей низкоуровневых вычислительных операций с плавающей точкой. При их осуществлении возникает незначительная погрешность. Однако детерминированный хаос быстро увеличивает любые малые флуктуации до макроскопических размеров. Таким образом, в данном конкретном случае ничтожная погрешность, возникающая в результате перемены мест слагаемых, приводит к возникновению невозможного, невычислимого поведения. Одна и та же формула, примененная к одинаковым ячейкам, приводит к разным результатам. Информация в данной системе возникает как будто из ничего. Потенциально разность между симметричными отно-



сительно центральной клетки элементами всегда должна оставаться нулевой. Однако, реально разность постепенно нарастает и быстро становится по своей величине сравнима с самими значениями.

Это явление можно рассматривать как элементарный парадигмальный протоконструкт возникновения взаимосвязи между низкоуровневым субстратом и конфигурацией системы, или между тканью и рисунком, если использовать метафору Лефевра. С одной стороны можно сказать, что в основе поведения модели лежит погрешность в работе аппаратуры, с другой, можно увидеть в этом достаточно глубокую онтологическую аналогию. Вселенский компьютер также осуществляет вычисления с неизбежной объективно неустранимой погрешностью. Даже в самом идеальном случае пределы лапласовского детерминизма не распространяются далее планковской размерности. В истинном историческом времени Вселенной ничего не повторяется дважды. В клеточно-автоматной вселенной цифровой философии это означает, что вычислительный акт может иметь, помимо общих свойств, свои индивидуальные особенности. На дне бытия скрывается хаос, который обуславливает индивидуальность всякого причинно-следственного акта и всякого единичного атома во Вселенной. В конечном счете, именно этот первородный хаос определяет собой такие феномены, как наличие индивидуальности, субъективных ощущений, психики, а также, наконец, и сознания... То есть, на самом деле, невозможный, ошибочный с точки зрения арифметики, результат, демонстрируемый описанной моделью, на самом деле верен и соответствует тому, что происходит в действительности. Хаос наделяет одинаковые, однородные объекты индивидуальными чертами, по существу, судьбой. Хаос - онтологическое начало Вселенной, первооснова бытия и источник времени. Открытие хаоса представляет собой одно из самых значительных событий в науке двадцатого столетия, которая существенным образом позволяет расширить границы познания, а самое важное, позволяет приблизиться к пониманию самых глубоких тайн Вселенной - природе психики, способности материи чувствовать, осознавать свое существование и мыслить.

Наглядно проиллюстрировать возможность генерации бесконечного разнообразия неповторяющихся структур при помощи простой компьютерной программы можно на примере двухмерного варианта описанного выше клеточного автомата. Только в данном случае действие игры будет происходить не на ленте, а на двумер-

ной клеточной поверхности, замкнутой в тор. Таким образом, у каждой клетки будет не два, а восемь соседей. Точно также, как и в одномерном случае, размерность решетки будем выбирать нечетной, а на первом этапе в центральную клетку игрового поля будем помещать некоторое случайное число, лежащее в интервале между нулем и единицей. На каждом следующем цикле в формулу подставлять среднее значение, рассчитанное по сумме значений девяти клеток (значения текущей клетки и восьми соседних с ней клеток).

Чрезвычайно разнообразные и эстетически привлекательные фигуры, появляющиеся на клеточном поле в результате последовательных циклов воспроизведения данного клеточного автомата будем именовать клеточными симметроидами. Как и в предыдущем случае, с точки зрения классической арифметики структура клеточных симметроидов должна оставаться строго симметричной относительно центральной клетки неограниченно долгое время. На практике же структуры клеточных симметроидов через некоторое количество циклов воспроизведения неизбежно деструктурируются, распадаются, преобразуясь в сложные ассиметричные плавно меняющиеся конфигурации.

В данном случае очень маленькая компьютерная программа генерирует огромное разнообразие квазихаотических последовательностей числовых конфигураций, но, при этом, алгоритм их генерации отсутствует в теле самой компьютерной процедуры. Более того, результат работы программы противоречит коду и заложенному в нем вычислительному алгоритму. Таким образом, вычислительная процедура проявляет некие индивидуальные свойства, источником которых служит сам цифровой субстрат вычислительной машины, на которой выполняется программа.

Экстраполируя свойства данной модели на реальные процессы, можно прийти к выводу о том, что в основе феномена субъективных ощущений также может лежать низкоуровневый зов субстрата, который не заложен непосредственно в нейрофизиологических вычислительных процессах. По этой причине не удастся пока разглядеть сознание, “я”, за биоэлектрическим шумом, создаваемым работающим мозгом.

На рис. 2 приведены результаты одновременного моделирования ста различных произвольных конфигураций. После фазы роста упорядоченной центрально симметричной структуры, наступает фаза погружения в хаос. Начальное число в описанной модели

играет роль генотипа, на основе которого из единственной исходной ячейки самоорганизуется сложная индивидуальная многоклеточная структура, обладающая, тем не менее, и общими характерными видовыми свойствами. При этом, разряды исходного числа практически равнозначимы вне зависимости их старшинства, подобно генам в цепочке ДНК.

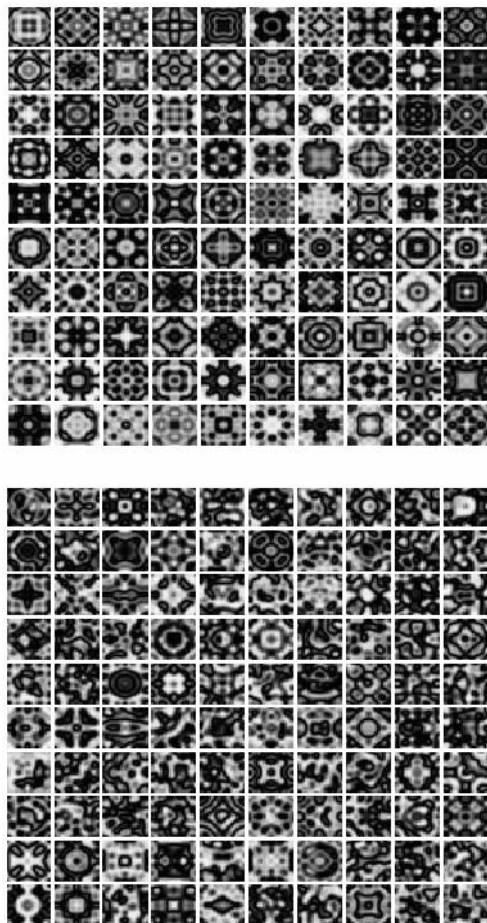


Рисунок 2 – Моделирование развития ста клеточных симметроидов в симметричной фазе и в фазе деструкции

Типичными сценариям динамического поведения распределенных многоэлементных кооперативных систем с локальными взаимодействиями, репрезентируемых моделями клеточных автоматов, выступает самоорганизация, приводящая к устойчивым стабильным упорядоченным состояниям. Как это, например, происходит в знаменитой игре “Жизнь” Конвея. Первоначальная случайная конфигурация клеток неизменно эволюционирует в устойчивые, либо пульсирующие структуры. Известно, что материальный субстрат психики также представляет собой распределенную кооперативную систему с локальными взаимодействиями. Известно также, что в поведении ячеек этой системы также имеет место элемент дискретности. Вместе с тем, психическая активность, порождаемая данной системой ведет себя иначе. То есть, в динамике психической деятельности не наблюдается выраженного стремления к финальному устойчивому, либо пульсирующему состоянию. Психика динамична, психические состояния не повторяются в точности, всегда в определенной степени хаотичны, спонтанны, но не произвольны, не случайны, но детерминированы, хотя непредсказуемы и эмерджентны. Все перечисленные свойства говорят о том, что единственным претендентом для математического описания подобных процессов может быть лишь детерминированный динамический хаос.

Как ни парадоксально на первый взгляд, но собственно мышление - более понятный процесс, чем психика и субъективное восприятие. Механизмы мышления могут быть объяснены исходя из уже известных свойств нейронных сетей, а также смоделированы искусственно на основе искусственных распределенных самоорганизующихся систем - искусственных нейронных сетей. Последнее время все больше данных нейронауки свидетельствуют о том, что мыслящий мозг представляет собой систему, находящуюся в состоянии самоорганизованной критичности [8]. Базовой парадигмой теории самоорганизованной критичности [2] выступает осыпающаяся куча песка, угол наклона краев которой имеет критическое значение. В таком состоянии силы сцепления между песчинками и силы гравитации примерно равны, что приводит к осыпанию лавин любого размера в ответ на любую малую флуктуацию, например, на добавление единственной новой песчинки. В ходе экспериментов (как натуральных, так и вычислительных) выяснилось, что размер осыпающихся лавин в этом случае имеет степенное распределение, с показателем степени близким к единице. Было установлено также,

что этой закономерности подчиняются многие природные и социальные процессы. В том числе, так называемый степенной розовый шум обнаруживается и в работе нейронных ансамблей мозга.

Явление самоорганизованной критичности наглядно может быть смоделировано и воспроизведено также на основе непрерывных клеточных автоматов. Правила перехода в данном случае предполагают “осыпание” ячеек в случае достижения ими значения некоторой критической величины. Осыпание заключается в том, что переполненная ячейка опустошается, а ее содержимое “просypается” на соседние ячейки, пополняя их. Это, в свою очередь, может вызвать дальнейшее осыпание и привести к цепной реакции или возникновению лавины осыпаний. В данной модели предполагается, что клеточное поле не замкнуто и виртуальный песок может просypаться с краев. На рис. 3 приведен пример моделирования одномерного непрерывного клеточного автомата, эволюционирующего по описанным правилам.

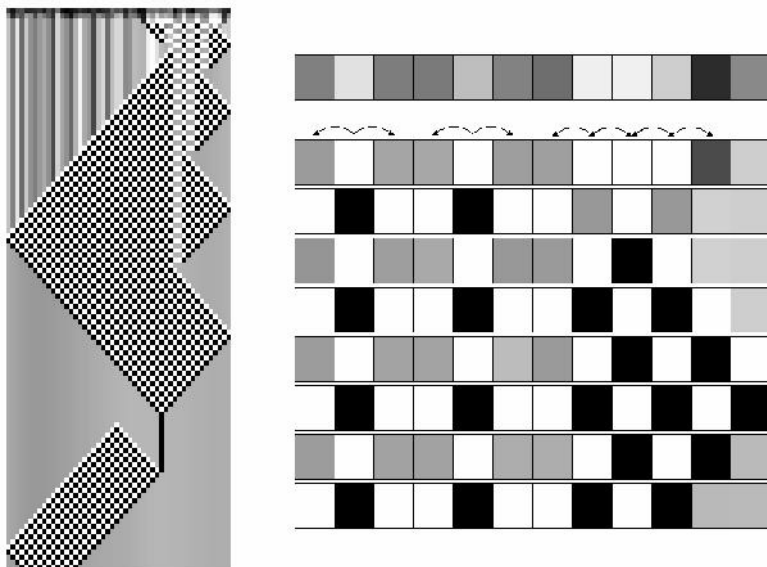


Рисунок 3 – Одномерный непрерывный клеточный автомат с осыпающимися ячейками. Черным цветом обозначены пустые ячейки, белым – переполненные ячейки, градациями серого обозначены промежуточные значения

Первоначально одномерная лента, разделенная на клеточные сегменты, в течение нескольких циклов заполняется случайными числами, которые суммируются. Числа отображаются градациями серого цвета. После того, как значения в отдельных клетках достигают критической величины (в данном случае – 2), моделируются осыпания ячеек, которые распространяются по ленте в виде лавины. После прохождения первоначальных осыпаний, на ленте формируется «серая» неустойчивая среда, проводящая лавины осыпания в ответ на добавление единичного случайного числа (единичной песчинки) в одну из ячеек на ленте. Этот момент отображен в нижней части примера моделирования, приведенного на рис. 3. На рис. 4 приведены примеры моделирования лавин осыпаний двумерного континуального клеточного автомата, переходящего в состояние самоорганизованной критичности. В данном случае для наглядности применен иной алгоритм раскраски. Белым цветом показаны ячейки, осыпавшиеся в текущий момент времени. На каждом последующем цикле эволюции осыпавшаяся на предыдущих этапах ячейка темнеет на некоторое фиксированное значение яркости. Таким образом, волны осыпания становятся наглядно видимыми.

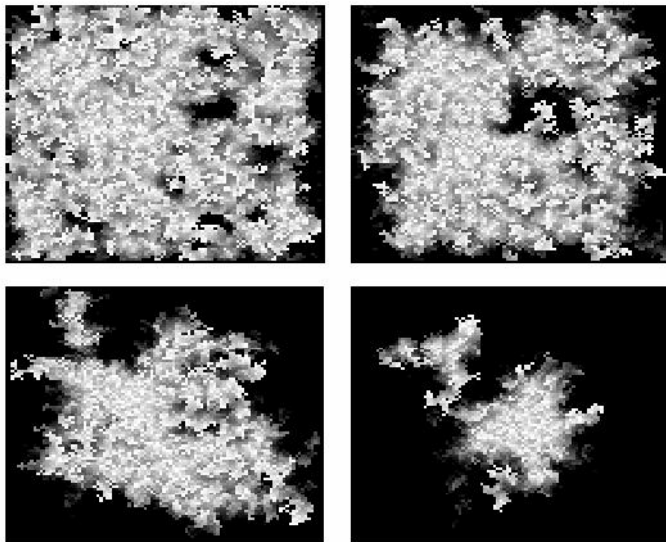


Рисунок 4 – Лавины осыпания в двумерном континуальном клеточном автомате, переходящем в самоорганизованное критическое состояние

После переполнения игрового поля и серии осыпаний система переходит в самоорганизованное критическое состояние. Добавление одной или нескольких песчинок приводит к возникновению лавин, которые могут распространяться по всему полю. Пер Бак (Per Bak) - основоположник теории самоорганизованной критичности - указывал на то, что формирование мыслительных конструкций и обучение в тканях мозга представляет собой процесс, напоминающий протачивание русел рек критическими лавинами нейронных импульсов в самоорганизованно критических нейронных ансамблях.

Обе рассмотренные клеточные модели можно соединить. Первый клеточный автомат в данном случае будет служить имитацией психического процесса, а второй критический автомат будет воспроизводить мыслительный процесс. Разумеется, что модель носит весьма обобщенный и упрощенный характер, но, вместе с тем, она способна отображать и воспроизводить некоторые ключевые свойства агентов, наделенных психикой и сознанием. Речь идет о спонтанности и эмерджентности, способности генерировать и ощущать истинное время собственного бытия, а также на этой основе создавать структуры, способные стать основой для регулятивов поведения, в том числе весьма сложного и разнообразного.

Общий алгоритм функционирования модели состоит в следующем. Детерминированно-хаотический клеточный автомат, служащий абстрактным аналогом психики, “накачивает” импульсами критический автомат, который, переходя в критическое состояние, становится средой для формирования ландшафта сознания и управления поведением.

Компьютерные программы были разработаны с применением технологии HTML5 на языке JavaScript. Приведенные клеточно-автоматные модели могут найти применение в области полиагентного моделирования социальных человекомерных систем или более обобщенно - пси-систем. Термин пси-системы введен нами и обозначает разнообразные объекты, на функционирование которых оказывает существенное влияние фактор наделенности элементов исследуемой системы психикой. К такого рода пси-системам относится ряд практически интересных объектов, в том числе экономика, и прочие подсистемы и институты общества.

Кроме того, развиваемая нами клеточно-автоматная модель цифровой философии сознания может быть теоретически и практически интересна в области искусственного интеллекта и робототехники в процессе проектирования перспективных робототехнических систем, обладающих биомерными пси-свойствами.

## Литература

1. *Микулин А.В.* Интеллектуальные системы в гуманитарной сфере и цифровая философия // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Сер.: Гуманитарные и социальные науки. – 2016. – № 2. – С. 76–86.
2. *Bak P.* How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. – N.Y.: Springer, 1999.
3. *Chaitin G.J.* Randomness in arithmetic // Scientific American. – 1988. – No. 7. – P. 80–85.
4. *Chaitin G.J.* The limits of reason // Scientific American. – 2006. – No. 3. – P. 74–81.
5. *Fredkin E.* An introduction to digital philosophy // International Journal of Theoretical Physics. – 2003. – No. 2. – P. 189–246.
6. *Gardner M.* Mathematical games: The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life" // Scientific American. – 1970. – No. 10. – P. 120–123.
7. *Mainzer K.* Thinking in Complexity: The Computational Dynamics of Matter, Mind, and Mankind. – N.Y.: Springer, 2007.
8. *Ouellette J.* Sand pile model of the mind grows in popularity // Quanta Magazine. – 2014. – April 7. – URL: <http://www.scientificamerican.com/article/sand-pile-model-of-the-mind-grows-in-popularity> (дата обращения: 14.05.2018).
9. *Penrose R.* Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness. – Oxford University Press, 1989.
10. *Prigogine I.* The rediscovery of time // Zygon. – 1984. – No. 4. – P. 433–447.
11. *Wolfram S.* A New Kind of Science. – Champaign: Wolfram Media Inc., 2002.
12. *Wolfram S.* Cellular automata as models of complexity // Nature. – 1984. – No. 311 (5985). – P. 419–424.
13. *Zuse K.* Calculating Space. – Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 1970.

## References

1. *Mikulin, A.V.* (2016). Intellektualnye sistemy v gumanitarnoy sfere i tsifrovaya filosofiya [Intelligent systems in the humanitarian sphere and digital philosophy]. Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federalnogo universiteta. Ser.: Gumanitarnye i sotsialnye nauki [Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Human and Social Sciences], 2, 76–86.
2. *Bak, P.* (1999). How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality. New York, Springer.
3. *Chaitin, G.J.* (1998). Randomness in arithmetic. Scientific American, 7, 80–85.



4. *Chaitin, G.J.* (2006). The limits of reason. *Scientific American*, 3, 74–81.
5. *Fredkin, E.* (2003). An introduction to digital philosophy. *International Journal of Theoretical Physics*, 2, 189–246.
6. *Gardner, M.* (1970). Mathematical games: The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life". *Scientific American*, 10, 120–123.
7. *Mainzer, K.* (2007). *Thinking in Complexity: The Computational Dynamics of Matter, Mind, and Mankind*. New York, Springer.
8. *Ouellette, J.* (2014). Sand pile model of the mind grows in popularity. *Quanta Magazine* on April 7, 2014. Available at: <http://www.scientificamerican.com/article/sand-pile-model-of-the-mind-grows-in-popularity> (date of access: 14.05.2018).
9. *Penrose, R.* (1989). *Shadows of the Mind: A Search for the Missing Science of Consciousness*. Oxford University Press.
10. *Prigogine, I.* (1984). The rediscovery of time. *Zygon*, 4, 433–447.
11. *Wolfram, S.* (2002). *A New Kind of Science*. Champaign, Wolfram Media Inc.
12. *Wolfram, S.* (1984). Cellular automata as models of complexity. *Nature*, 311 (5985), 419–424.
13. *Zuse, K.* (1970). *Calculating Space*. Cambridge, MA, Massachusetts Institute of Technology.

### Информация об авторе

*Колесников Андрей Витальевич* – кандидат философских наук, доцент, ведущий научный сотрудник Центра философско-методологических и междисциплинарных исследований Института философии НАН Беларуси (Республика Беларусь, 220072, Минск, ул. Сурганова, 1, корп. 2, e-mail: andr61@mail.ru).

### Information about the author

*Kolesnikov, Andrey Vitalyevich* – Candidate of Sciences (Philosophy), Associate Professor, Leading Researcher at the Center for Philosophical-Methodological and Interdisciplinary Studies, Institute of Philosophy, National Academy of Sciences of Belarus (1/2, Surganov st., Minsk, 220072, Republic of Belarus, e-mail: andr61@mail.ru).

Дата поступления 27.11.2018