

УДК 115+004.94
DOI:
10.15372/PS20190203

А.В. Колесников, С.Н. Сиренко, Г.Г. Малинецкий

ХАОС И ТРАНСФОРМАЦИЯ КАТЕГОРИИ ВРЕМЕНИ В ПОСТНЕКЛАССИЧЕСКОЙ НАУКЕ*

Представления о времени существенно различаются в философии и гуманитарных науках с одной стороны и в математике и физико-математических науках – с другой стороны. Математика и физика традиционно концентрируют внимание на воспроизводимых периодических процессах, ориентируясь на прогнозирование их результата. Философия и гуманитарные науки в целом рассматривают время в большей степени как исторический невоспроизводимый поток неповторимых событий, формирующих историю, как уникальный сценарий развития. Актуальной научной проблемой является сближение обеих концепций, которое возможно на основе современных представлений о детерминированном хаосе. Для адекватного описания исторического времени целесообразно использовать предлагаемые понятия «динамическое множество», «истинное число», или «темпоральное число». Особенности протекания детерминированно-хаотических процессов с участием темпоральных чисел могут быть продемонстрированы на примере компьютерных моделей непрерывных клеточных автоматов, правила перехода между состояниями которых включают нелинейность.

Ключевые слова: время; хаос; нелинейность; основания математики; число; теория множеств; клеточные автоматы; компьютерное моделирование

A.V. Kolesnikov, S.N. Sirenko, G.G. Malinetsky

CHAOS AND TRANSFORMATION OF THE CATEGORY OF TIME IN POST-NON-CLASSICAL SCIENCE

Concepts of time are significantly different in philosophy and the humanities on the one hand and in mathematics and physical and mathematical sciences on the other hand. Mathematics and physics traditionally focus on reproducible periodic processes paying attention to the prediction of their results. Philosophy and the humanities as a whole

* Работа выполнена в рамках совместного гранта БРФФИ Г18Р-191 и РФФИ 18-511-00008, а также совместного гранта (Беларусь и Великобритания) Г18МС-042.

consider time mostly as a historical irreproducible stream of unique events which create history and as a unique development scenario. An urgent scientific problem consists in the convergence of both concepts, which is possible on the basis of modern ideas of deterministic chaos. For an adequate description of historical time, it is advisable to use the proposed concepts of “dynamic set” and “true (or temporal) number”. The features of deterministic-chaotic processes with the participation of temporal numbers can be shown by the example of computer models of continual cellular automata, for which the rules of transition between their states include nonlinearity.

Keywords: time; chaos; nonlinearity; foundations of mathematics; number; set theory; cellular automata; computer simulation

Введение

Время было и остается одной из самых очевидных данностей и вместе с тем одной из самых глубоких и загадочных тайн природы. Оно традиционно находилось среди основных объектов исследования как в философии, так и в космологии. Время - сложная категория. В области философии и в области физико-математического знания оно понимается по-разному. В философской онтологии время событийно, неповторимо и исторично. В математике и физике это квазигеометрическая координата принципиально обратимых и воспроизводимых процессов. Лишь относительно недавно, в XX в., наместились пути возможного сближения этих позиций. Точкой такого сближения выступает концепция динамического хаоса, открытого в результате компьютерного итерирования простых детерминированных уравнений, содержащих нелинейность. Характерные непредсказуемость и эмерджентность этого явления вошли в определенное противоречие со всей предшествующей математической физикой, ориентированной именно на предсказание и воспроизводимость. Вместе с тем синергетика и хаос проявили в системе физико-математического знания иную сущностную сторону времени как неповторимого, или истинного исторического, что характерно в большей степени для его философского восприятия и понимания.

В формирующейся постнеклассической научной картине мира [15] хаос претендует на весьма значимое место. Это во многом обусловлено его онтологическим статусом первоначала всего сущего, а также интуитивно угадываемой тесной взаимосвязью с природой времени.

Математика до настоящего момента не имеет средств для описания истинного исторического времени и связанной с ним

темпорологической эмерджентности. По крайней мере, на уровне оснований математики ее базовые понятия – число и множество статичны. Поэтому исследование путей привнесения истинного исторического времени в основания математики, а также изобретение средств и инструментов математического описания темпорологической эмерджентности представляют собой актуальную научную проблему.

Кроме теоретического интереса данная задача имеет и практическое значение. Возможность математического описания хаоса и темпорологической эмерджентности открывает пути для описания психических явлений, возникновения индивидуальности, субъективных свойств, а в конечном пределе - самого сознания. Обладая математическими возможностями описания исторического времени, можно строить существенно более адекватные математические и компьютерные модели человекомерных социальных систем.

Хаос и связанная с ним специфика вычислений

Трансформация смыслового наполнения категории времени в постнеклассической науке тесно связана с радикальным переосмыслением понятия хаоса и совершенно неожиданными математическими открытиями, которые, собственно, и привели к возникновению феномена постнеклассической науки. На протяжении развития научного познания отношение к хаосу менялось. Понятие хаоса возникло в античной философии. Впервые сам термин появляется в текстах Гесиода и обозначает некое изначальное вместилище всего сущего, предоснову бытия. В поэме «Теогония» Гесиод пишет: «Прежде всего во вселенной Хаос зародился, а следом Широкогрудая Гея, всеобщий приют безопасный... Черная Ночь и угрюмый Эреб родились из Хаоса» [3, с. 24].

Тогда, в период непосредственного, незамутненного восприятия окружающего мира, из самых простейших наблюдений рождались удивительно глубокие, пророческие идеи, многие из которых не потеряли актуальности и по сей день. Образ хаоса, вероятно, в значительной степени унаследованный из космогонических мифов, постепенно обретает в античной философии новые черты: это уже не просто разверзшееся ничто, но в трудах стоиков хаос означает протовещество, изначальное состояние мира, из которого

в итоге самоорганизовалась Вселенная. Как отмечает А.Ф. Лосев, «стойки поэтому делают значительный шаг вперед в смысле объединения хаоса как пустого пространства и хаоса как принципа мировой жизни и жизнетворения» [10, с. 429]. В каком-то смысле космогонические концепты античной философии весьма близки к современным космологическим парадигмальным конструктам.

Постепенно, по мере углубления познания закономерностей окружающего мира, а также становления христианских догматов мировосприятия хаос вытесняется логосом и изгоняется из картины мира на периферию, становясь отрицательным началом, близким к тартару, спутником ада, разложения и смерти [2, 7].

В эпоху Возрождения наблюдается всплеск интереса к античной науке и философии, происходит их переосмысление на новом витке познания. Гипотеза Канта - Лапласа уже представляет собой самоорганизационную парадигму возникновения мира. Это, по существу, концепция самоорганизации Вселенной, и хаосу в ней отводится первостепенная роль *всеобщего Начала*. Кроме того, Кант в своей работе [6] оспаривает интуитивно принятый и распространенный до настоящего времени *принцип сохранения сложности*, который негласно утверждает, что сложное не может возникнуть из простого самопроизвольно, без вмешательства внешнего организующего начала.

Вместе с механикой в науке зарождаются и вероятностные идеи, которые предвосхищают наступление эпохи неклассической науки. Под влиянием открытий в области физики микромира, квантовой неопределенности картина мира теряет вид налаженного, некогда раз и навсегда запущенного часового механизма. «Вселенная длится, – писал А. Бергсон. – Чем глубже мы постигнем природу времени, тем яснее поймем, что длительность есть изобретение, создание форм, непрерывная разработка абсолютно нового» [1, с. 47].

Окончательная реабилитация и возвращение хаоса на место первоосновы мира происходят в области синергетики. Хаос предстает уже не как распад, не как символ торжества индетерминизма, разложения и тепловой энтропийной смерти, но как творческое первоначало Вселенной, первооснова исторического времени и источник творческих инноваций эволюции. И. Пригожин выделяет физику существующего и физику возникающего [13]. Он обосновывает понятие стрелы времени, связывая его со вторым

началом термодинамики, а также особенно подчеркивает роль малых флуктуаций в динамике систем, находящихся в окрестности точек бифуркации. Пригожин обращает особое внимание на микроструктуру пространства-времени, подчеркивая его «временность». Одна из главных идей Пригожина состояла во введении оператора времени, а также в признании того, что необратимость возникает как фундаментальное свойство материи уже на уровне микромира [14]. Пригожин интерпретирует случайность уже не как меру незнания, что долгое время было нормой для физико-математических наук, но как объективно обусловленное детерминированное явление, как неотъемлемое свойство нашего мира. С его работ берет начало переоткрытие времени в науке XX и XXI вв. Истинное историческое время начинает проявляться в нелинейных динамических математических моделях физических систем, приходит новое осознание принципа детерминизма и устройства всего мироздания в целом.

В ходе развития информатики и прогресса вычислительной техники в науке возникли и получили развитие идеи цифровой физики и цифровой философии [12, 16]. Сущность главной идеи цифровых физики и философии состоит в том, что Вселенная вычислима и все, что в ней происходит, может быть сведено к различным вычислительным алгоритмам [17]. Данная парадигма практически лежит в основе всей современной физики и современной науки в целом. То, что развитие Вселенной может быть представлено как колоссальный вычислительный процесс, не вызывает сомнения. Результаты объективных вычислений природы мы видим повсюду. Вся ботаника, по существу, есть не что иное, как коллекция рекурсивных алгоритмов, порождающих разнообразные фрактальные структуры. Все растения суть не что иное, как рекурсивные фракталы, возникающие в процессе объективных клеточных вычислений [4]. Однако при этом даже генетически одинаковые клонированные растения морфологически не полностью идентичны. Это обусловлено тем, что во Вселенной никакая вычислительная процедура не повторяется дважды абсолютно одинаково. Дерматоглифика однояйцевых близнецов различна. Узоры на пальцах, а также фактически вся тонкая структура организмов, включая сеть сосудов и нейронные ансамбли мозга, формируются индивидуально даже в условиях геномной идеентичности особей.

Для того чтобы глубже понять и объяснить это фундаментальное свойство всех происходящих в реальности процессов, целесообразно ввести понятие *истинных, или темпоральных, чисел*. Природа осуществляет все свои вычисления именно в *истинных числах*. Под истинными, или темпоральными, числами в данном контексте понимается следующее. Все параметры, входящие в тот или иной вычислительный алгоритм или процесс, в Действительности каждый раз, в каждый уникальный момент *исторического времени* имеют уникальные значения, которые и предлагается называть истинными, или темпоральными, числами.

Вода в стакане при нормальных условиях закипает при 100°C, но на самом деле этого не происходит никогда. Каждый конкретный стакан воды в каждый конкретный момент времени закипает при своей конкретной температуре. Различия между этими температурами закипания на определенном уровне рассмотрения ничтожны и пренебрежимо малы, но они всегда есть. Более того, на микроскопическом уровне рассмотрения закипание каждого конкретного стакана воды – совершенно уникальный исторический процесс.

В определенном круге задач, решавшихся на этапе развития классической науки, подобными различиями можно пренебречь. Однако при рассмотрении самоорганизационных, эволюционных процессов развития эти факторы становятся значимыми и даже принципиальными. То, что вычисления в природе осуществляются не с фиксированной точностью, но в *истинных, или темпоральных, числах*, делает всю динамику эволюции Вселенной исторической, творческой и неповторимой.

В некоторых случаях нам вполне достаточно подставить в вычислительную процедуру, угаданную нами у природы в процессе научного познания, числа с высокой, но фиксированной точностью, и этого будет достаточно для хорошего результата и предсказания. Но часто близость значения подставленных в процедуру параметров неважна, а важно их несовпадение. Универсальным усилителем самых малых различий в природе выступает нелинейность. Апофеозом их значимости является детерминированный хаос, когда сколь угодно большая близость начальных условий не играет роли. Траектории разбегаются очень быстро и совершенно несхожи между собой.

Истинные числа содержат неустранимую временную компоненту, своего рода уникальный маркер, который делает невозможным точное определение и воспроизведение истинного числа

в принципе. Это связано с тем, что истинное число мгновенно. Его точное значение существует лишь в момент вычисления и зависит от всего состояния Вселенной в этот момент.

Истинное историческое время может быть представлено как параллельные вычисления с истинными числами, образующие историю Вселенной. Вселенная в ходе этих параллельных вычислений всякий раз определяет или рассчитывает свое новое будущее состояние. Для некоторых процессов мгновенная неопределимая точность истинных чисел несущественна. Это касается круга явлений, изучавшихся в рамках классической науки, оперировавшей преимущественно «гладкой» математикой. Однако *нелинейность* представляет собой универсальный усилитель временной информационной составляющей *истинных чисел*. Истинные числа несут в себе информацию о своей уникальной пространственной и временной локализации в сценарии эволюции Вселенной.

Природа всегда производит свои вычисления неодинаково. Какая-то часть истинного, или темпорального, числа всегда остается нам неизвестной. Существуют процессы, для которых значимость разрядов стремительно убывает по мере продвижения в глубь разрядной сетки вселенского компьютера. Однако существуют процессы, для которых значимость разрядов не убывает. И даже самые далекие биты способны радикально изменить их сценарий. Таковы процессы, в основе которых *детерминированный хаос*. Таким образом, природа имеет в запасе огромный информационный ресурс для своей эволюции, черпая информацию из хаоса, скрытых разрядов истинных чисел и вычислений истинного времени.

Периодические и хаотические процессы, ассоциируемые со временем

Наследием классической науки выступает стереотип представления о времени как о чем-то измеримом, как о свойстве реальности, прочно связанном с регулярными периодическими процессами. Эти представления господствуют в точных науках до настоящего момента. Идеалом времени считаются сверхточные атомные часы, которые функционируют на основе идеально упорядоченных, идеально периодических колебаний, производимых объектами атомного масштаба. Эти же представления в принципе наследуются и в неклассической науке.

ической науке. Все крайне прецизионные эксперименты по проверке теории относительности осуществлялись именно с данным типом часов, назовем их *тикающими часами*. Обратимся к явлению радиоактивного распада. Распад каждого отдельного атома – событие непредсказуемое, оно происходит спонтанно. Что-то происходит в ядерном веществе, что приводит в итоге к его «разбрызгиванию». Вместе с тем в совокупности распадающихся радиоактивных атомов прослеживается четкая статистическая закономерность, по которой можно измерять время. В данном случае имеют место не тикающие, а *накопительные часы*.

В связи с этим весьма интересна была бы проверка общей теории относительности при помощи экспериментов не с тикающими, а с накопительными часами. Суть такого эксперимента могла бы состоять в следующем. Надо взять некоторое количество радиоактивного материала, разделить его на две равные части, содержащие одинаковое количество атомов. Затем одну часть оставить на Земле, а другую поместить на какой-нибудь космический объект, например астероид, в условия малой гравитации. Необходимо выждать некоторый значительный промежуток земного времени, а затем измерить количество оставшихся и количества распавшихся атомов в обеих порциях. Если общая теория относительности верна, то количества эти должны статистически значимо различаться. Оговоримся, что радиоактивный материал для эксперимента следует подбирать так, чтобы период его полураспада был довольно значителен и нивелировал погрешности, возникающие при перелетах и транспортировке. Разумеется, речь идет в данном случае о мысленном эксперименте, осуществление которого и весьма дорого, и проблематично. Однако подобные объекты, вероятно, могут быть найдены во Вселенной. В пылевых облаках, содержащих атомы тяжелых элементов и расположенных в зонах воздействия сильных гравитационных полей, релятивистские градиенты концентраций распадающихся элементов должны наблюдаться.

Математические основания природы темпорологической эмерджентности

Время, понимаемое как процесс становления, всякий акт которого абсолютно уникален, начало проникать в области физико-

математического знания и осознаться там как таковое лишь совсем недавно. Представление о времени в классической механике сводилось к параметру t и оси t , относительно которой строились графики обратимых гладких и воспроизводимых процессов. Впервые время, понимаемое в контексте темпорологической эмерджентности, начинает появляться и осознаться как историческое уникальное явление в механике и физике вообще лишь в последней трети XX в. Речь идет о теории хаоса и нелинейной динамике [5].

Математика же в своих основаниях остается полностью статичной. Темпорологическая эмерджентность в области математического знания полностью отсутствует. Более того, в самой парадигме оснований математики темпорологическая эмерджентность воспринимается как нечто противоположное сущности математического знания, ориентированного на выявление, описание и исследование воспроизводимого порядка и строгой причинности. Вместе с тем по мере развития научного познания становится все более очевидным, что темпорологическая эмерджентность есть также проявление некой высшей и крайней формы порядка, диалектически переходящей в свою противоположность, но необходимо дополняющей саму суть детерминированного описания реальности.

Поясним сказанное на примере. Представим себе идеально правильный конус и идеально правильный шар, падающий на его вершину (рис. 1). Идеальный конус стоит на идеальной плоскости, и проекция центра тяжести шара до какой-то предельно доступной нам точности совпадает с проекцией вершины конуса. Куда упадет шар? Наивный ответ состоит в том, что в идеальном случае он останется на вершине идеального конуса и вообще не упадет. Однако вероятность этого равна нулю.

Демон Лапласа, лапласовский детерминизм [8] был и остается базовой парадигмой причинности у значительной части философского и физико-математического сообществ. Истинное переосмысление парадигмы Лапласа начинается лишь с появлением теории хаоса и синергетики. Именно там возникает новое понимание сущности причинности, закономерности и темпорологической эмерджентности.

В рассмотренном примере шар упадет, но что будет причиной и источником непредсказуемости его падения? Согласно логике классической теории вероятности шар не может зависнуть на вершине конуса из-за того, что вероятность полного совпадения действительных координат проекции центра тяжести шара и вершины конуса равна

нулю. Речь может идти лишь о плотности вероятности. Однако какой-то сценарий в действительности все-таки реализуется (рис. 2).

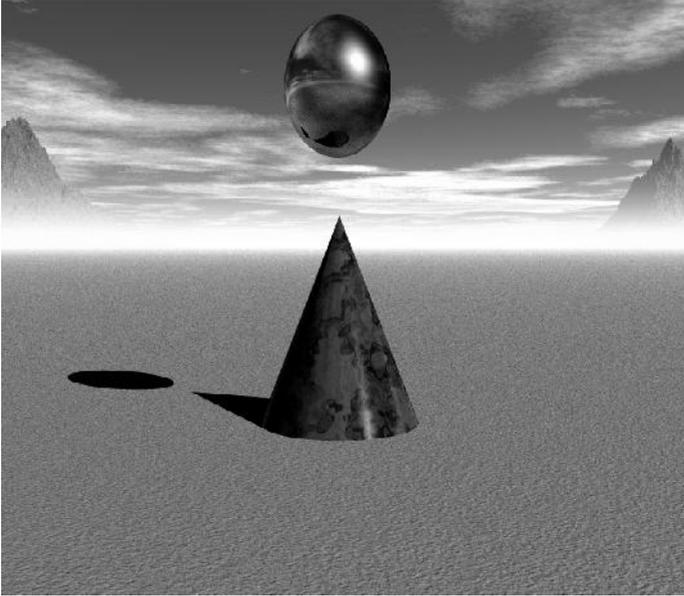


Рис. 1. Падение идеального шара на идеальный конус

Выше мы уже ввели понятие *истинных, или темпоральных, чисел*. В примере с шаром и конусом источником вероятности выступает именно темпорологическая эмерджентность, которую трудно описать средствами традиционной математики. Темпоральные же числа позволяют отображать это явление. Суть темпоральных чисел заключается в том, что некоторая их часть, находящаяся за пределами точности конкретных производимых вычислений, представляется уникальной и вместе с тем конкретной.

Основатель Института исследования времени МГУ А.П. Левич отмечал, что математика на уровне теории множеств плохо приспособлена для описания изменяющихся систем [9]. К этому целесообразно добавить уточнение: темпорологически эмерджентных систем. А к таковым относятся все наиболее интересные современной науке объекты исследования: мозг, социум, Вселенная. А.П. Левич,

в частности, высказывал идею разработки динамической теории множеств, в которой принадлежность была бы темпоральной, временной характеристикой.

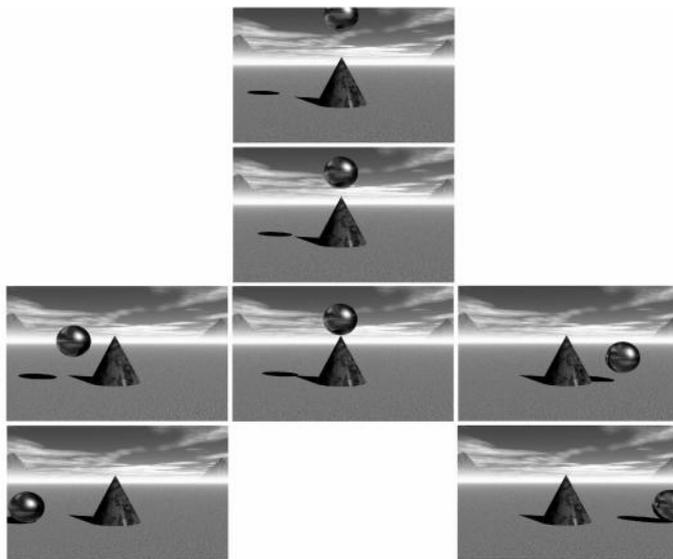


Рис. 2. Различные сценарии падения шара

В науке XX столетия уже предпринимались попытки расширения и модернизации традиционной математической теории множеств. Л. Заде ввел в математику понятие размытых, или нечетких, множеств [18]. Нечеткие множества предназначены для отображения реальных объектов, чья принадлежность к некоторой совокупности может быть выражена количественно в долях в форме особой, связанной с нечетким множеством функцией принадлежности. В данном случае речь идет о множествах, сопряженных с истинным временем. Микроструктура этих множеств истинных, или темпоральных, чисел изменчива, и всякий ее временной срез сугубо уникален. В глубине этих динамических числовых множеств постоянно происходят процессы, напоминающее «кипение».

Идея динамической теории множеств хорошо корреспондирует с истинными, или темпоральными, числами. Таким об-

разом, множество темпоральных чисел можно было бы рассматривать как динамическое множество, состав которого при всяком обращении оригинален. В статическом смысле динамическое множество темпоральных действительных чисел можно было бы рассматривать как динамически меняющуюся совокупность подмножеств множества действительных чисел подобно кадрам бесконечного фильма или, скорее, подобно бесконечно меняющейся и неповторяющейся ряби на экране аналогового телевизора, не подключенного к антенному сигналу.

Таким образом, возвращаясь к аналогии с шаром и конусом, можно продемонстрировать, что использование понятия о темпоральных числах и динамических множествах позволяет выявить причины и источник непредсказуемого, но тем не менее неизбежного падения шара. В данном случае темпоральная часть числа действительных координат проекции центра тяжести шара и проекции вершины конуса на плоскость будут иметь решающее значение.

Введение *истинных, или темпоральных, чисел*, а также динамических множеств позволяет эффективно исследовать и адекватно описывать феномен детерминированного хаоса, который играет в структуре реальности ключевую роль, выступая первоисточником информации для всех происходящих во Вселенной эволюционных процессов. Синтез информации «из ничего» фактически является синтезом информации из темпорологической эмерджентности, отображаемой математически темпоральной частью истинных чисел.

На первый взгляд, истинные, или темпоральные, числа, а также динамические множества противоречат самой сути математического подхода, ориентированного на воспроизводимость и повторяемость результатов вычислений. Вместе с тем они привносят в основания математики истинное время в его историческом понимании. Появление в основаниях математики средств описания временной темпорологической стороны реальности открывает пути для математического описания феномена индивидуальности, субъективных ощущений, явлений психики и сознания, что было бы затруднительно либо вообще невозможно в рамках традиционной теоретико-множественной парадигмы.

Компьютерное моделирование темпоральной эмерджентности

Размер слова цифровой вычислительной машины, представляющего собой последовательность дискретных двоичных бит, фиксирован и ограничен. Из-за этой особенности цифровые вычислительные машины плохо приспособлены для представления действительных чисел. Вместе с тем действительные числа являются важным инструментом математического описания реальности. Для представления действительных чисел в памяти цифровых вычислительных машин были разработаны определенные способы. Наибольшее распространение получил способ, называемый представлением с плавающей точкой: действительные числа представляются в виде знакового бита, мантиссы и порядка числа. В настоящее время техника цифровых операций с числами с плавающей точкой доведена до совершенства и расчеты производятся с высочайшей точностью. Усилия ученых и специалистов всегда были направлены на то, чтобы минимизировать вычислительные погрешности. Между тем они фундаментально неустранимы. Природа же идет противоположным путем: производя свои вычисления, Вселенная не борется с неустранимой погрешностью, но, напротив, использует ее для создания неповторимых объектов, для разыгрывания их судьбы, субъективных ощущений, самого времени, а также нас с вами.

Из-за неустранимой вычислительной погрешности числа с плавающей точкой в известной мере могут служить некоторым приближенным аналогом темпоральных чисел. Поясним сказанное на примере компьютерной модели, представляющей собой трехмерный континуальный клеточный автомат с нелинейными правилами перехода.

Суть этой модели состоит в следующем. Куб разделен на равные кубические сегменты (рис. 3). Каждая кубическая ячейка имеет 27 соседей, из которых шесть соприкасаются с данной полными гранями. В нашей модели будет рассматриваться именно эта окрестность (рис. 4). Не все кубические ячейки имеют одинаковое количество соседей. Это правило не выполняется для крайних ячеек на ребрах куба. Для того чтобы у всех ячеек было равное количество соседей, будем считать, что противоположные грани куба соприкасаются. Двумерное клеточное поле может быть свернуто в тор. В этом случае все клетки клеточного поля будут иметь восемь сосе-

дей. Четырехмерный куб также можно представить себе замкнутым. В данном случае он будет свернут в четырехмерный тор. После этого противоположные грани будут соприкасаться между собой и количество соседей станет одинаковым.

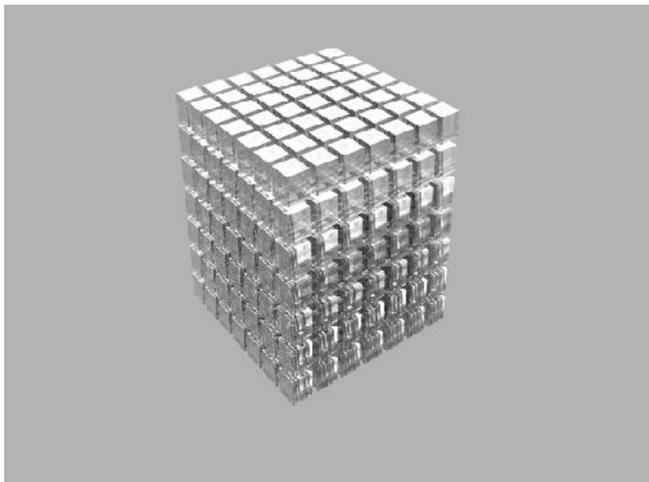


Рис. 3. Сегментированное вычислительное пространство трехмерного клеточного автомата

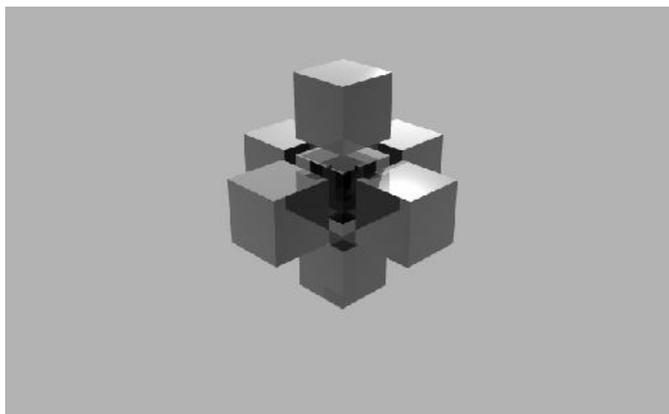


Рис. 4. Шестиэлементная окрестность ячейки трехмерного клеточного автомата

Итак, первоначально в центральную ячейку куба размером $n \times n \times n$ ячеек, причем n - нечетное, помещается случайное действительное число в диапазоне от 0 до 1. Далее действуют следующие правила перехода. Состояние каждой ячейки в следующий момент времени вычисляется по рекурсивной нелинейной формуле, способной демонстрировать переход к хаосу по сценарию Фейгенбаума через серию бифуркаций удвоения периода [11]. В качестве исходного значения для каждой итерации в уравнение подставляется среднее значение состояний шести ячеек из окрестности данной. В число этих шести ячеек входят те, которые непосредственно соприкасаются с данной полными гранями.

Таким образом, алгоритм включает в себя следующие шаги. На первом шаге в центральную ячейку куба помещается произвольное число из интервала от 0 до 1. Далее для каждой ячейки рассчитывается среднее значение состояний ее окрестности из шести элементов. Затем эти средние значения подставляются в рекуррентную формулу, содержащую нелинейность. Фрагмент кода вычисления состояния ячейки клеточного автомата в следующий момент времени на языке Python имеет следующий вид:

```

for i in range (1, n):
  for j in range (1, n):
    for k in range (1, n):
      S = x [i+1, j, k] + x [i, j+1, k] + x [i, j, k+1] + x [i-1, j, k] + x [i, j-1, k] + x
        [i, j, k-1] + x [i, j, k]
        S = S / 7
      y [i, j, k] = R * math.sin (math.pi * S)

```

Для первого поколения состояния почти всех ячеек будут нулевыми, кроме шести ячеек, непосредственно примыкающих гранями к исходной. В следующем поколении ненулевых ячеек станет уже больше. При этом растущая пространственная конфигурация из кубиков будет обладать строгой центральной пространственной симметрией (рис. 5). Через некоторое количество поколений растущая конфигурация заполнит все внутреннее пространство куба и встретится сама с собой, так как куб замкнут.

Далее конфигурация продолжит эволюционировать во всем предоставленном ей пространстве. С арифметической точки зрения содержимое куба должно постоянно меняться, но при этом сохра-

нять свойство симметрии относительно центральной клетки неограниченно долго, так как формулы во всех ячейках одинаковы. Поэтому центросимметричные клетки должны всегда содержать идентичные числа. На рисунке 6 показана типичная картина промежуточной стадии эволюции клеточного автомата начиная с 50-й генерации. Однако когда значение параметра расчетного уравнения (а речь идет о нелинейном уравнении, способном породить хаос) находится в зоне хаоса, через некоторое количество генераций клеточного автомата симметрия нарушается (рис. 7) и пространственная структура продолжает свою эволюцию в сложной асимметричной квазихаотичной форме.

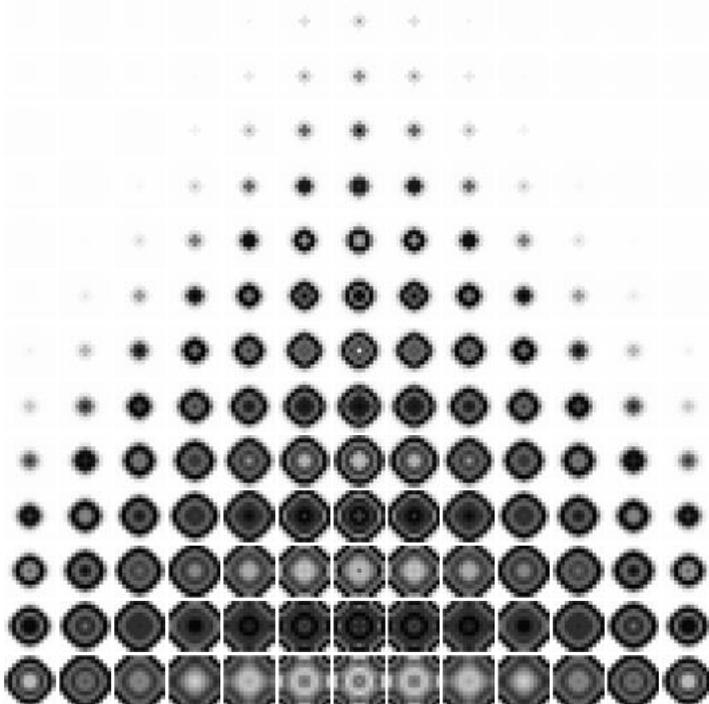


Рис. 5. Срезы трехмерного куба 13×13 первых 13 генераций

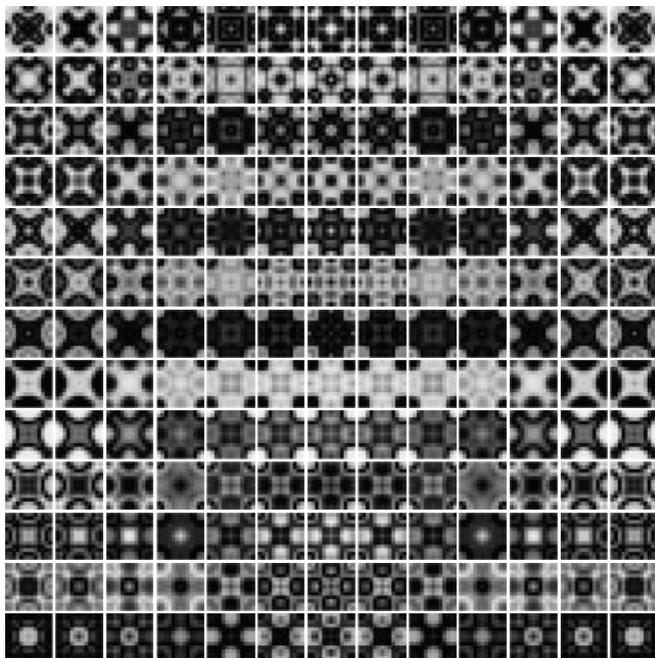


Рис. 6. Симметричная стадия эволюции клеточного автомата (50–63-я генерации)

С точки зрения арифметики этот результат невозможен и ошибочен. Он обусловлен накоплением неустранимой аппаратной погрешности функционирования цифрового оборудования вычислительной машины. Вся математика и вся техника мобилизованы на то, чтобы исключить или свести к минимуму подобные ошибки. Однако в рекурсивных процессах, подобных данному, нелинейность все равно победит и увеличит до макроскопических масштабов любые, сколь угодно ничтожные отклонения. Можно запрограммировать аналогичный алгоритм с использованием чисел с фиксированной точкой и осуществлять расчеты с некоторой фиксированной точностью аналогично тому, как если бы мы считали в столбик до определенного знака. В этом случае симметрия не нарушилась бы никогда.

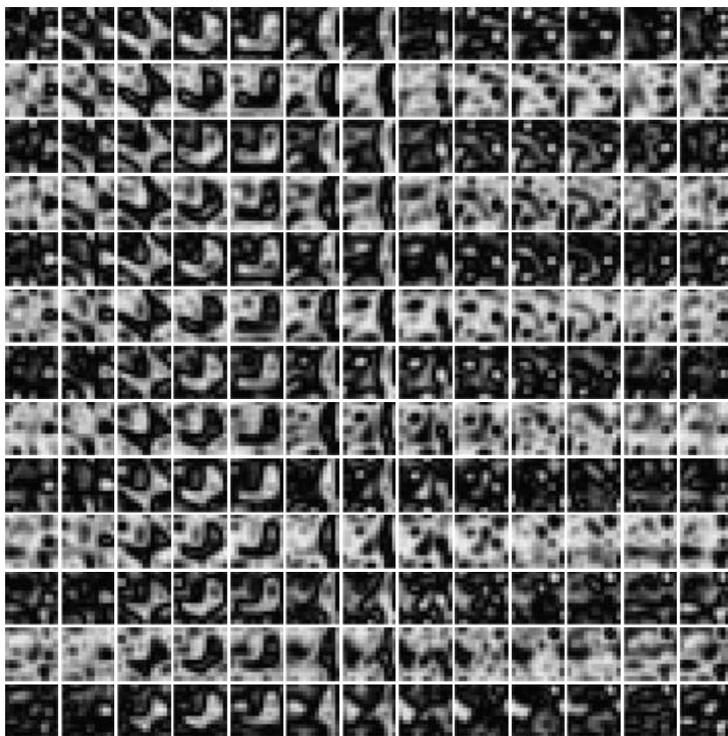


Рис. 7. Стадия нарушения симметрии и хаоса
(150–163-я генерации)

Возникает вопрос: какой из вариантов ближе к действительности – первый или второй? Если технически реализовать данный куб из электронных аналоговых элементов, осуществляющих те же локальные расчетные процедуры, то какой бы сценарий воплотился на практике – идеальный с расчетами до заданной точности или «ошибочный» с постепенным накоплением погрешности и нелинейным усилением малых флуктуаций? Естественно, воплотился бы второй, так как нелинейность постепенно усилила бы любые низкоуровневые шумы в элементах вплоть до квантовых флуктуаций или влияния космических лучей.

Заключение

Растущая нервная ткань, состоящая из особых клеток, называемых нейронами, представляет собой распределенную коммуникационную среду, образованную хаотичным сплетением подвижных тонких нитевидных отросточков, соединяющих нервные клетки в сеть. В какой-то степени по своим свойствам эта коммуникационная среда напоминает трехмерный клеточный автомат, рассмотренный нами выше. Разница состоит лишь в том, что локальные связи между ячейками в рассмотренной модели носят более регулярный характер. По сути же, естественная среда распространения электрохимических сигналов нейронных тканей нервной системы и мозга по своим системным свойствам во многом аналогична сетевой коммуникационной среде континуального клеточного автомата. Все, что порождается мозгом, вся продукция сознания, психические процессы в конечном счете представляют собой изменчивые динамические структуры, образуемые меняющейся в результате локальных взаимодействий мозаикой электрохимической активности нервной ткани.

Ритмические паттерны, звуковые ассоциации, динамические и статические образы, вербальные конструкции естественного языка, фрагменты музыки, алгоритмические процедуры – все это некоторым образом рождается и кодируется каскадами электрохимических сигналов в распределенной ячеистой сетевой среде нейронной ткани. И все это образует то, что воспринимается нами как психика, сознание и мышление. Познание смысла этих процессов и составляет предмет философского исследования. В настоящей работе продемонстрированы возможность выхода за пределы традиционного вербального способа философствования и расширение возможностей философского языка за счет образов, а также компьютерных алгоритмических процедур. В данном случае нами несколько шире понимается тезис о вербальном характере мышления и философского языка. Естественный язык – это не только слово в своем изолированном виде. Естественный язык – это и ритм, и музыка, и поля образных ассоциаций. Иначе немислимы были бы литература, поэзия, а также и философия.

Из всей совокупности разнородных когнитивных протоконов собирается то, что может быть названо научной

картиной мира. Новым типом когнитивных протоконструктов, которые задействованы в настоящей работе, выступают компьютерные алгоритмические процедуры, воспроизводящие игры континуальных клеточных автоматов в трёхмерном ячеистом вычислительном пространстве. Сделана попытка из образов, математических моделей и компьютерных процедур составить новое, углубленное представление о хаосе и природе истинного исторического времени, для описания которого представляется целесообразным дополнить основания математики новыми – истинными, или темпоральными, числами и динамическими множествами. Все это необходимо для того, чтобы получить возможность понять возникновение феномена субъективных ощущений, а в конечном счете – «я». Когда мы получим эту возможность, откроются пути для адекватного моделирования и описания поведения социальных систем. Новая парадигма хаоса, а также сопряженные с ней методологические подходы обозначат возможность адекватного математического описания и моделирования элементов психики и сознания, что, в свою очередь, может оказаться ключом к созданию перспективных машин, робототехнических систем, обладающих зачатками субъективных ощущений как первоосновы для создания истинного сильного искусственного интеллекта.

Литература

1. Бергсон А. Творческая эволюция. – М.: Канон-Пресс-Ц, 1998. – 384 с.
2. Волошинов А.В. Трансформация концепта «хаос» в истории культуры // Общество: философия, история, культура. – 2017. – № 7. – С. 120-123.
3. Гесиод. Полное собрание текстов. – М.: Лабиринт, 2001. – 256 с.
4. Гете И.В. Избранные сочинения по естествознанию. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 579 с.
5. Глейк Дж. Хаос: Создание новой науки. – СПб.: Амфора, 2001. – 398 с.
6. Кант И. Всеобщая естественная история и теория неба // Вестник Удмуртского университета. Сер.: Астрономия и математическая физика. – 2009. – № 1. – С. 3–18.
7. Кулик А.В. Взаимосвязь понятий «хаос» и «зло» в истории философской мысли // Вестник РУДН. Сер.: Философия. – 2014. – №2. – С. 58–64.
8. Лаплас П.С. Опыт философии теории вероятности. – М.: URSS, 2011. – 208 с.
9. Левич А.П. О «динамических множествах». – URL: <http://www.mce.su/archive/doc61551/doc.pdf>. (дата обращения: 11.04.2019).

10. Лосев А.Ф. История античной эстетики: Итоги тысячелетнего развития: В 2 кн. – М.: ООО АСТ, 2000. – Кн. 2. – 688 с.
11. Малинецкий Г.Г. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. – М.: URSS, 2017. – 312 с.
12. 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.
13. Пригожин И. От существующего к возникающему. – М.: Наука, 1985. – 328 с.
14. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант: К решению парадокса времени. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 242 с.
15. Степин В.С. Типы научной рациональности и синергетическая парадигма // Сложность. Разум. Постнеклассика. – 2013. – № 4. – С. 45–59.
16. Fredkin E. An Introduction to Digital Philosophy // International Journal of Theoretical Physics. – 2003. – Vol. 42, No. 2. – P. 189–246.
17. Wolfram S. A New Kind of Science. – Champaign: Wolfram Media, Inc., 2002. – 1280 p.
18. Zadeh L.A. Fuzzy sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8, No. 3. – P. 338–353.

References

1. Gödel K. On undecidable propositions of formal mathematical systems // The undecidable: Basic papers on undecidable propositions, unsolvable problems and computable functions / ed. M. Davis. – N.Y.: Raven Press, 1965. p. 39–74.
2. Gödel K. // Gödel K. Collected Works. Volume II. Publications 1938–1974 / eds. S. Feferman etc. N.Y.: Oxford University Press, 1990. p. 305–306.
3. Feferman S. Introductory Note to 1972a // Gödel K. Collected Works. Volume II. Publications 1938–1974 / eds. S. Feferman. – N.Y.: Oxford University Press, 1990. – P. 281–287.
4. Jeroslow R. Redundancies in the Hilbert-Bernays derivability conditions for Gödel's second incompleteness theorem // Journal of Symbolic Logic, vol. 38, 1973, p. 253–267. – <https://www.logicmatters.net/2006/06/17/the-best-and-most-general-version/>
5. Giaquinto M. The Search for Certainty: A Philosophical Account of Foundations of Mathematics. – Oxford: Oxford University Press, 2002. – P. 183.
6. Franks C. The Autonomy of Mathematical Knowledge: Hilbert's Program Revisited. Chapter 4. Intensionality. – Cambridge: Cambridge University Press, 2009. – P. 105–138.
7. Feferman S. Arithmetization of Metamathematics in General Setting // Fundamenta Mathematicae, vol. 49, 1960, pp. 35–92.
8. Mostowski A. Thirty Years of Foundational Studies. – Oxford: Basic Blackwell, 1966. P. 24.
9. Smith P. An Introduction to Gödel's Theorems. Second Edition. – Cambridge: Cambridge University Press, 2013. – P. 266. Oxford University Press, 2002. – P. 197–198.

Информация об авторах

Колесников Андрей Витальевич, ведущий научный сотрудник Института философии НАН Беларуси, кандидат философских наук, доцент, (220072, Республика Беларусь, г. Минск, улица Сурганова, д. 1, корп. 2, andr61@mail.ru)

Сиренко Светлана Николаевна, доцент Белорусского государственного университета (математик), кандидат педагогических наук, (пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, ssn27@mail.ru)

Малинецкий Георгий Геннадьевич, заведующий отделом математического моделирования нелинейных процессов Института прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН, доктор физико-математических наук, профессор (1125047, Москва, Миусская пл., д.4, gmalin@keldysh.ru)

Information about the authors

Kolesnikov Andrey Vitalyevich – Doctor of Sciences (Philosophy), Associate Professor, Leading Researcher at the Institute of Philosophy, National Academy of Sciences of Belarus (Surganova, 1/2, Minsk, Republic of Belarus, 220072, e-mail: andr61@mail.ru).

Sirenko Svetlana Nikolaevna – Candidate of Sciences (Pedagogy), Associate Professor, Associate Professor at the Belarusian State University (4, Nezavisimosti avenue, Minsk, Republic of Belarus, 220030, e-mail: ssn27@mail.ru).

Malinetsky Georgiy Gennad'evitch – Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Head of the Department of Mathematical Modeling of Nonlinear Processes, M.V. Keldysh Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Sciences, (Keldysh Institute of Applied Mathematics, Miusskaya sq., 4, Moscow, 125047, Russia, e-mail: gmalin@keldysh.ru).

Дата поступления 04.03.2019