А.В. Колесников

**Клеточно-автоматное представление
агентов в моделях цифровой
трансформации общества**

Рекомендуемая форма библиографической ссылки

Колесников А.В. Клеточно-автоматное представление агентов в моделях цифровой трансформации общества // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 2-й Международной конференции (7-8 февраля 2019 г., Москва). — М.: ИПМ им. М.В.Келдыша, 2019. — С. 151-159. — URL: <https://keldysh.ru/future/2019/15.pdf>
doi:[10.20948/future-2019-15](https://doi.org/10.20948/future-2019-15)

Клеточно-автоматное представление агентов в моделях цифровой трансформации общества

А.В. Колесников

Институт философии НАН Беларуси

Аннотация. В статье рассматривается клеточно-автоматное представление агента социальных систем в фазе цифровой трансформации, основанное на двух взаимодействующих клеточных автоматах. Для отображения эмерджентных свойств психических процессов и сознательного выбора альтернатив используются правила перехода, усиливающие малые погрешности представления чисел с плавающей точкой, а также явление самоорганизованной критичности. Отмечается, что традиционное клеточно-автоматное представление должно быть дополнено матрицами связности графов взаимодействия индивидов в социальных сетях. С целью более адекватного математического представления необратимых и эмерджентных свойств психических процессов вводится понятие темпоральных чисел и динамических множеств. В качестве фундаментальной дилеммы современной фазы эволюции цифрового общества рассматривается выбор цели и пути дальнейшего развития. Альтернативы условно обозначены как человек космический и человек молекулярный. Молекулярный человек представляет собой тип личности, ориентированный на репликацию собственных генов и существование в наиболее комфортных условиях. Молекулярный человек представляет собой обобщённого потребителя и основной элемент общества потребления. Космический человек представляет собой пассионарный тип личности, ориентированный на познание и на синтез культурных ценностей. Рассмотренное клеточно-автоматное представление может служить основой, элементарной ячейкой для построения комплексных моделей социальных систем в фазе их цифровой трансформации.

Ключевые слова: клеточные автоматы, хаос, социальные системы, космический человек

Cellular automata representation of agents in models of digital society transformation

A.V. Kolesnikov

Institute of Philosophy of the National Academy of Sciences of Belarus

Abstract. The article discusses the cellular automaton representation of the agent of social systems in the digital transformation phase, based on two interacting cellular automata. To display the emergent properties of mental processes and the conscious choice of alternatives, transition rules are used, which reinforce small errors in the representation of floating point numbers, as well as the phenomenon of self-organized criticality. It is noted that the traditional cellular automaton representation should be supplemented with matrices of connectivity graphs of interaction of individuals in social networks. In order to provide a more adequate mathematical representation of the irreversible and emergent properties of mental processes, the concept of temporal numbers and dynamic sets is introduced. As a fundamental dilemma of the modern phase of the evolution of digital society, the choice of goals and ways for further development is considered. Alternatives are conventionally designated as cosmic human and molecular human. Molecular human is a type of personality, focused on the replication of its own genes and existence in the most comfortable conditions. Molecular human is a generalized consumer and the main element of the consumer society. Cosmic human is a passionate personality type, focused on knowledge and on the synthesis of cultural values. The considered cellular automaton representation can serve as the basis, the unit cell for the construction of complex models of social systems in the phase of their digital transformation.

Keywords: cellular automata, chaos, social systems, cosmic human

Моделирование социальных систем представляет собой актуальную научно-практическую задачу, так как теоретически позволяет предварительно проигрывать на модели последствия стратегических управленческих решений, а также исследовать и прогнозировать тенденции и сценарии развития общества в зависимости от влияния тех или иных факторов и рисков, возникающих на том или ином историческом этапе его эволюции. Нынешний период характеризуется вступлением социума в эпоху тотальной цифровизации всех сторон жизни. Процесс этот, кроме очевидных новых удобств и выгод, несёт в себе и определенные риски и вызовы, которые неизбежно возникают в процессе перехода общества на новую ступень технологического развития.

Проблема, однако, заключается в том, что социальные системы коренным образом отличаются от тех, с которыми традиционно имеют дело математика и физика. Если в физической системе, например, в совокупности гравитирующих масс, поведение каждого элемента полностью определяется конкретными действующими на него физическими факторами, то элементы или агенты социальных систем обладают некой внутренней мотивацией и свободой воли, которая зачастую заставляет их действовать вопреки и против внешних обстоятельств и объективных рациональных, например экономических, соображений. Агенты социальных систем обладают психикой и сознанием, через которые непредсказуемо преломляются факторы внешнего мира и которые, в конечном счете, определяют и регулируют поведение индивида.

4. Математические модели цифрового мира

Что же это за факторы и можно ли их учесть в рамках математической либо компьютерной модели? Или, может быть, социальный агент – человек – принципиально непредсказуем и неформализуем? Существует и такая точка зрения. Однако живое существо и, в частности, человек – суть также физическая сущность, состоящая из тех же атомов и подчиняющаяся тем же законам природы, что и прочие физические тела. Следовательно, социальный агент все-таки может быть адекватно описан и воспроизведён в рамках математической либо компьютерной вычислительной модели. Да, но для этого имеет смысл некоторые изменения внести в саму математику. Какие именно – об этом будет сказано несколько позже.

Итак, какими специфическими свойствами обладает агент социальной системы, что его отличает от элемента традиционных физических систем, с которыми имела дело математика? Прежде всего, это непредсказуемость и хаос внутри каждого социального агента. Поведение человека спонтанно, эмерджентно, хотя и несет в себе элемент внешней детерминированности, адекватности и некоторой рациональности. Тем не менее, поступки разных людей, более того, поступки даже одного и того же человека в схожих обстоятельствах, могут быть различны. При этом они все-таки не вполне произвольны, так как определяются внутренними установками, опытом и воспитанием конкретного субъекта. Это не шарики в модели идеального газа, повинующиеся только внешним механическим воздействиям со стороны других шариков. Социальные агенты, «шарики» в модели «социального газа», должны обладать свободой воли или психическим фактором, который придает импульсы их поведению изнутри.

Традиции и стандарты точного физико-математического знания негласно постулируют положение о том, что человек, человеческий фактор, непредсказуемость его поведения не поддаются и противоположны по сути методам математики и точной формализации. Вместе с тем в системе физико-математического знания в последней трети двадцатого века произошла революция, которая изменила традиционные устоявшиеся взгляды на точность, предсказуемость, причинность и детерминизм. Речь идет прежде всего о теории хаоса и синергетике в целом [1]. С возникновением новой нелинейной динамики хаос, непредсказуемость и эмерджентность появляются и в точной, невероятностной, детерминированной математике. В математике начинает угадываться истинное историческое время, чего раньше никогда не бывало.

Одной из наиболее естественных форм компьютерного отображения социальных систем выступают клеточные автоматы, представляющие собой одну из базовых парадигмальных моделей синергетики. Клеточные автоматы обладают рядом свойств, присущих организации социальных систем. Это, прежде всего, определяющее влияние локальных

взаимодействий и способность к самоорганизации на их основе. Как и в социальных системах, достаточно простые правила локальных взаимодействий между ячейками могут приводить к чрезвычайно сложному совокупному поведению всего автомата в целом.

Однако в условиях нарождающейся цифровой реальности простого клеточного поля с локально взаимодействующими ячейками, вероятно, уже недостаточно. Разветвленные децентрализованные контакты каждого индивида в условиях цифровой реальности диктуют необходимость привлечения к описанию современных социальных систем еще и теории графов с матричным представлением связности агентов через социальные сети.

Вместе с тем при моделировании социальных систем сложно обойтись простым однослойным клеточным автоматом, когда каждый отдельный индивид просто представлен ячейкой на клеточном поле. Этого недостаточно для адекватного отображения поведенческой активности агента в социальной системе, так как акторы обладают внутренними эмерджентными поведенческими регулятивами. Нами проводились эксперименты с многослойным клеточно-автоматным представлением социальных агентов. Эксперименты позволили прийти к выводу, что поведение социального агента в ряде системно значимых случаев может быть сведено к выбору альтернативных стратегий. При этом сам выбор осуществляется им на основе воспитания, анализа, обучения, приобретенного жизненного опыта, а также, что специфично для агента, наделенного психикой, – под влиянием психоэмоциональных (подсознательных) сиюминутных импульсов.

Самой значимой альтернативой, с выбором которой связаны практически все поведенческие стратегии современного человека, является фундаментальная мировоззренческая дилемма. Суть дилеммы заключается в следующем. На современном этапе своего развития человек подошел к осознанию того факта, что продукция его разума, его вклад в культуру человечества может быть не менее, а возможно, более значим, чем репликация его генов и передача их следующему поколению. По мысли известного автора Ричарда Докинза [2], по своей сути животный организм, и в том числе человек, эволюционно возник и представляет собой фактически надстройку над геном – по существу, средство или приспособление для репликации генов.

Однако, с какого-то момента человек становится перед дилеммой: что же более значимо – деятельность разума в контексте развития культуры и познания либо репликация собственных генов и забота о том, чтобы это происходило в максимально комфортных условиях. Человек на современном этапе своего развития подошел к осознанию возможности освобождения от власти эгоистичного гена. Однако это не общий выбор всего человечества. Скорее освобождение от власти эгоистичного гена –

4. Математические модели цифрового мира

удел пассионариев [3], способных увлекать массы людей и вести часть человечества дальше по пути познания и становления как уникального космического феномена. Именно такова была и остается базовая установка и объединяющий мотив философии космизма [4], представляющей собой глубинное выражение основной философской идеи русского, славянского и евразийского цивилизационного кластера.

С другой стороны, общество потребления и постпотребления ориентируется именно на поддержание устойчивого, эффективного и комфортного социума, реплицирующего свои гены, своего рода «человеиника» в терминологии Александра Зиновьева. Эти два полюса и две фундаментальные альтернативы развития человека будущего обозначим как человек космический и человек молекулярный. Человек молекулярный представляет собой существо, подчиненное власти эгоистичного гена и выполняющее его предписания. Будучи разумным, человек молекулярный ориентирован на выработку индивидуальных и общих стратегий выживания и максимально комфортного существования в качестве потребителя. Общество потребления – общество молекулярных людей.

Человек космический ориентирован на познание и синтез культуры, на формирование картины мира, познание и отображение Вселенной. Человек космический представляет собой орган рефлексивного самопознания Вселенной. Он в меньшей степени озабочен потреблением, а путь в собственное бессмертие видит не только и не столько в репликации генов, но, прежде всего, в превращении периода своего существования в акт познания, синтеза и приращения уникальной человеческой культуры. Обозначим эту альтернативу двумя латинскими буквами W_v (от англ. Worldview). А два полюса этой дилеммы обозначим как W_v+ (человек космический) и W_v- (человек молекулярный). Разумеется, что в совсем чистом виде каждый из полюсов встретить сложно. В каждом космическом человеке присутствует некоторая доля человека молекулярного, равно как и в каждом молекулярном человеке присутствует некоторая доля космического человека. Но преобладающие тенденции, как правило, в каждом отдельном индивидууме хорошо различимы. В принципе, основной характер цивилизационной динамики в значительной степени определяется соотношением космических и молекулярных людей в социальной системе.

Возвращаясь к клеточно-автоматному представлению агентов, следует рассмотреть возможность моделирования выбора обозначенной альтернативы. Как уже отмечалось выше, ядром, движущей силой поведенческой активности личности выступает ее внутренняя психоэмоциональная энергия, внутреннее психическое движение, экзистенциальное ощущение бытия и времени. Из этих спонтанных древних психических явлений и процессов рождается, самоорганизуется

мышление, интуиция и сознательное поведение. Природа субъективного бытия до настоящего времени представляет собой величайшую научную загадку, но благодаря открытому в области синергетики новому пониманию хаоса появляется, прорисовывается возможный путь и подходы к познанию и моделированию механизмов самоидентификации «я».

В клеточно-автоматном представлении для решения задач моделирования социальных систем важно иметь модель, генерирующую неповторяющуюся последовательность состояний или конфигураций. Данная процедура в разрабатываемой модели предназначена для имитации темпорологической эмерджентности, свойственной агентам, обладающим психическими свойствами. Кроме этого, интерес для понимания и описания психических процессов может представлять возможность введения специальных темпоральных чисел, обладающих схожими эмерджентными свойствами. Характерным для постнеклассического периода развития научного знания является обращение к единичным объектам и невоспроизводимым историческим процессам. Благодаря открытиям, сделанным в области синергетики, происходит переоткрытие или обретение истинного исторического времени в рамках строгих физико-математических дисциплин. Феномен хаоса заставляет по-новому рассматривать и оценивать прежде всего процессы становления и развития, в том числе человекомерных систем. Развитие математических средств отображения и описания исторических, уникальных, необратимых процессов представляется актуальной задачей. Шагом в этом направлении можно считать введение в арсенал оснований математики специальных невоспроизводимых, истинных или темпоральных чисел, а также соответствующих динамических множеств [5]. Речь в данном случае идет о том, что такое истинное или темпоральное число может быть извлечено из динамического множества лишь единожды. При следующем обращении к такому динамическому или кипящему множеству в далеких, неконтролируемых точностью нашего эксперимента разрядах числа неизбежно произойдут изменения, и это фактически будет другое число. Для гладких воспроизводимых процессов это несущественно, но для процессов с нелинейностью и хаосом – принципиально важно. В качестве гипотезы можно высказать предположение о том, что именно это свойство реальности является источником неповторимой индивидуальности психических процессов.

Числа с плавающей точкой, применяемые в цифровых вычислительных машинах для представления действительных чисел, имеют определенную неустранимую погрешность, что делает возможным их использование в качестве приближений или моделей истинных темпоральных чисел. В данном случае в нашем клеточно-автоматном представлении использовано именно это свойство. Благодаря этому

4. Математические модели цифрового мира

клеточно-автоматные пси-агенты приобретают свою неповторимую индивидуальность, что характерно для индивидуумов – элементов реальных социальных человекомерных систем.

Алгоритм функционирования автомата выглядит следующим образом. Первоначально в ячейку, помеченную как центральная, одномерной клеточной ленты, замкнутой в кольцо, помещается произвольное действительное число из интервала от 0 до 1. Далее действуют следующие правила перехода. Для каждой ячейки вычисляется среднее арифметическое (возможно применение и среднего геометрического) трех соседних ячеек. Затем вычисленное значение подставляется в одно из уравнений, демонстрирующих переход к хаосу через серию бифуркаций удвоения периода по сценарию Фейгенбаума. Причем параметр устанавливается в значении, находящемся именно в зоне хаоса. Эволюция автомата происходит следующим образом. Ячейки, начиная с центральной, симметрично заполняются вычисленными значениями. Симметрия внешне сохраняется довольно долго. Однако постепенно малые погрешности вычислений с плавающей точкой приводят систему к хаосу (рис. 1). Полученный весьма индивидуализированный хаос используется в дальнейшем для «накачки» и приведения в самоорганизованно-критическое состояние другого клеточного автомата, обеспечивающего выбор альтернатив.

Рис. 1. Эволюция одномерного клеточного автомата от симметричной к хаотической фазе

Согласно данным современных нейроисследований, процессы в нейронных тканях мозга имеют определенное сущностное сходство с лавинными осыпаниями, описываемыми теорией самоорганизованной критичности [6]. Таким образом, в клеточно-автоматном представлении логично использовать эти же подходы. По этому принципу функционирует процедура выбора альтернатив. В одномерном континуальном клеточном автомате волны осыпаний распространяются от центральной ячейки к

краям. Каждый из полюсов и символизирует собой ту или другую альтернативу (рис. 2). При этом путь лавины в том или другом направлении может быть облегчен изменением порога осыпания в тех или иных ячейках. Изменение порога осыпания может происходить в результате социальной жизни агента, накопления опыта, внешних воздействий, под влиянием социальных сетей и сетевого окружения.

Рис. 2. Эволюция осыпаний критического одномерного клеточного автомата к различным альтернативам

Человек как элемент социальных систем обуславливает «нефизическую» специфику их поведения. Обладая психикой, волей, мышлением и сознанием, он способен к целенаправленным действиям и спонтанным пассионарным толчкам. Единичные события в социальной системе могут радикально изменить весь ход ее истории. Но между тем механизмы и мотивы действия социальных агентов научно познаваемы и формализуемы. Клеточные автоматы, прежде всего континуальные, представляют собой адекватный данной задаче язык описания поведения

4. Математические модели цифрового мира

сложных, распределенных систем. С использованием элементов хаоса, темпоральных чисел, самоорганизованной критичности этот язык становится пригоден и для описания поведения сложных, человекомерных, социальных систем. Важным достоинством клеточно-автоматных моделей является то, что они позволяют углубить понимание механизмов движения сложных, и в том числе социальных систем. А это, в конечном счете, и представляет собой одну из приоритетных задач науки и философии в сложный бифуркационный период цифровой трансформации общества.

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ Г18Р-191

Литература

1. Синергетика в XXI веке / Горизонты синергетики: Структуры, хаос, режимы с обострением / Под ред. Г.Г.Малинецкого. – М.: ЛЕНАНД, 2019. – С.10-86.
2. Ричард Докинз. Эгоистичный ген. – М: АСТ:CORPUS, 2013. – 512 с.
3. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. – М.: Айрис-Пресс, 2016. – 560 с.
4. Алексеева В.И. Космизм о мире, человеке и обществе (концепции XIX – середины XX вв.). – М.: Луч, 2012. – 576 с.
5. Левич А.П. О «динамических множествах». <http://www.mce.su/archive/doc61551/doc.pdf> [11.03.2019]
6. Ouellette J. Sand Pile Model of the Mind Grows in Popularity/ J. Ouellette. – Quanta Magazine on April 7, 2014. <http://www.scientificamerican.com/article/sand-pile-model-of-the-mind-grows-in-popularity>. [20.03.2019]