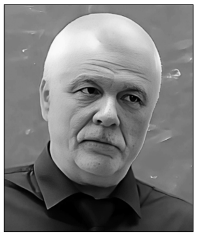
Аритмотроника. Цифровая метафизика времени

Как нарисовать время? Очевидно, для того чтобы его изобразить, нужно попытаться понять, что же оно представляет собой на самом деле.



Андрей Колесников,
заведующий
отделом философии
информационных и
когнитивных процессов
Института философии
НАН Беларуси, кандидат
философских наук, доцент

Прежде всего время – это не тиканье часов. «Мы говорим “сейчас”, “теперь” и имеем в виду время. Но нигде не найдем мы времени на часах, которые показывают нам время, ни на циферблате, ни в часовом механизме. С тем же успехом мы будем искать время и на современных хронометрах. Неизбежно напрашивается следующее: чем точнее, с технической точки зрения, и исчерпывающее измерения хронометра, тем меньше прибор дает повод задуматься собственно о времени» [1]. Как справедливо подмечает М. Хайдеггер, разобрав часы, мы не найдем там, внутри, времени. Мы обнаружим некоторый периодический процесс, который циклически повторяется. А повторяется ли время? Вы однажды родились. Состоится ли когда-либо вновь этот временной момент вашего рождения? Он миновал безвозвратно и больше никогда не будет иметь места в истории Вселенной. Никакие релятивистские фокусы не заставят вас родиться заново. Во времени нельзя вернуться назад. Время состоялось. Время единственно в своем роде. Каждый миг его сугубо уникален и представляет собой совершенно особенный срез универсума, который вечно и постоянно изменяется, не повторяя никогда сам себя.

Время тесно связано с бытием. По большому счету, это суть одно и то же. Время – в нас. Жить – значит быть включенным, интегрированным в поток вселенского времени. Мы каким-то образом, рождаясь, подключаемся к этому потоку, путешествуем в нем и однажды распадаемся вновь на более простые элементы. Происходит декогеренция наших телесных структур, и мы перестаем существовать как бытийствующая единица.

Как же выглядит время? Какой его образ был бы адекватным?

Почему важен именно образ времени? Наше мышление изначально предметно. Язык – лишь очень позднее эволюционное приобретение, также, в принципе, базирующееся на образности, что особенно заметно в восточных языках с иероглифической письменностью. План мироздания написан на языке математики, но сама математика также базируется на некоторых изначальных исходных образах, формализованных в системе аксиом.

Настоящее рождает будущее. Они причинно связаны. Но тогда – фатальны ли все события, свершающиеся во Вселенной? Существует ли великий единый план ее существования? Если каждое событие в настоящем имеет свою причину в прошлом, то не содержится ли вся информация о будущем в нулевом моменте первоначала Вселенной? Если мир создан на языке математики, то судьба Вселенной представляет собой рекурсивную (то есть обращающуюся саму к себе) вычислительную процедуру. Будущее, обозначим его F, определяется настоящим, назовем его N. Тогда общая формула бытия Вселенной запишется в виде $F \leftarrow N$. Будущее рождается из настоящего, а затем F превращается в настоящее и рождает новое будущее.

Космос, универсум постоянно творит сам себя. Тогда возникает вопрос: а что же было тогда, когда ничего не было? Первым аксиоматическим состоянием мироздания, его изначальным настоящим следует считать $N=0$. Как же тогда из ничего, из нуля могло возникнуть нечто? Современная теория чисел такова, что допускает возможность помещения всей Вселенной в интервал от нуля до единицы. Но как же можно получить из нуля что-то, например единицу? Можно попробовать возвести ноль в нулевую степень. Тогда формула первозданного будущего может быть записана как $F \leftarrow 0^0$.

Может ли ничто быть абсолютным? Может ли ноль быть абсолютным? Может ли что-либо быть абсолютным? Введем понятие флуктуирующего ничто. Под ним будем понимать почти ничто, содержащее в себе робкие потенции бытия, что-то вроде флуктуирующего физического вакуума, обсуждаемого в современной космологии. Если относительно возведения нуля в нулевую степень могут быть разные мнения, то почти ничто, возведенное в степень почти ничто, даст почти единицу. Это как раз то, что нам нужно. Поскольку всю Вселенную можно вместить в интервал от нуля до единицы, то, возведя почти ничто в почти нулевую степень, мы получили аналог воображаемой числовой Вселенной. Математическая нелинейность усилила флуктуации нуля до макроскопического масштаба. Таким образом, чтобы возникнуть, наша воображаемая числовая Вселенная должна как бы возводить себя в свою собственную степень. В результате мы можем выписать простую общую формулу:

$$x_{i+1} \leftarrow x_i^{kx_i} \quad (1),$$

где $x \in (0;1)$, $k \in R^+$.

Рекурсивная вычислительная процедура, реализующая циклические вычисления по этой формуле, обладает рядом замечательных свойств [2]. В зависимости от значения параметра k она способна стабилизироваться на каком-то стационарном значении, переходить к колебаниям, порождать более сложные колебания и, наконец, генерировать непериодические и неповторяющиеся числовые последовательности, фактически равномерно заполняющие интервал между нулем и единицей. Последнее обстоятельство представляется необъяснимым на уровне обыденного сознания. Как простая детерминированная математическая формула может производить практически любое число на единичном отрезке числовой прямой? Но тем не менее это так. Кажется, что само историческое время воздействует на процесс и придает ему историчность. Феномен предельной чувствительности динамических систем был открыт в 1960-х гг. прошлого века. И. Пригожин назвал эти результаты переоткрытием времени в физико-математических науках [3]. Сложность траекторий аритмотронных вычислительных процедур объясняет каскадом бифуркаций удвоение периода, возникающего при определенных значениях управляющих параметров. Каскад бифуркаций характеризуется двумя фундаментальными иррациональными константами, называемыми инвариантами Фейгенбаума [4]. Они столь же универсальны, как число π, число Эйлера (e) и Золотое сечение (φ).

На *рис. 1* приведена бифуркационная диаграмма отображения (1).

Детерминированные программные процедуры, порождающие в результате циклических вычислений неповторяющиеся числовые последовательности, именуются автором этих строк аритмотронами, а область экспериментов с ними как с метафизическими протоконструктами – аритмотроникой. В этом есть определенная дань преемственности. Российский математик и философ Н.В. Бугаев в конце XIX – начале XX в. рассуждал о негладких и разрывных динамических процессах [5]. Он определил свою дисциплину как аритмологию, предвосхитив по меньшей мере на полстолетия развитие нелинейной динамики.

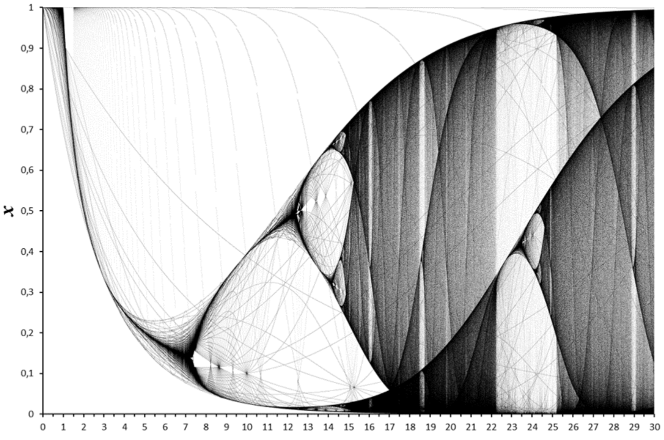


Рис. 1. Бифуркационная диаграмма отображения (1)

Мироздание представляет собой не что иное, как динамическую систему. Следовательно, оно может быть ассоциировано с вычислительной процедурой. Причем с метафизической точки зрения абсолютно не важно, сложна ли эта процедура или предельно проста. Важно лишь, что переход из настоящего в будущее осуществляется как вычислительный акт. С этой точки зрения универсум может быть представлен как некая вычислительная машина, компьютер, а действующие в нем физические законы будут определять исполняемые этим вселенским компьютером вычислительные процедуры.

Тогда на основе компьютерной метафоры универсума можно заключить, что судьба Вселенной полностью определяется исходными данными и компьютерной программой. На самом деле это не так. Дело в том, что результат работы цифрового компьютера не в полной мере зависит от начальных параметров и используемой программы. Размер памяти компьютера, отводимый на число, ограничен. При осуществлении операций с числами, представленными в памяти устройства в конечном виде в формате с плавающей точкой, возникают единичные разрядные инверсии и смещения, которые, как мы уже наблюдали в случае с нулем (или флуктуирующим ничто), могут в результате нелинейности привести к макроскопическим последствиям. Цифровой компьютер дискретен и конечен. Он неидеален. Но идеальна ли Вселенная? Существует ли идеальный мир Платона с его вечными и бесконечными числами или это лишь предельный недостижимый идеализированный случай?

По крайней мере, абстракция бесконечности подарила нам великолепные иррациональные числа, на которых зиждется устройство нашего мира. Они олицетворяют тот самый идеал, бесконечно вычисляемый, но, увы, финально не достижимый. Одной из таких фундаментальных констант является число Эйлера – основание натурального логарифма. Данное число обладает рядом замечательных свойств. Мы воспользуемся одним из них и заменим в уравнении (1) x на $e^{ln(x)}$. Из самого определения числа e очевидно, что при этой замене ничего не изменится. Мы делаем это с одной лишь целью: продемонстрировать, как самые незначительные изменения способны воздействовать на ход динамического процесса, а также – что судьба Вселенной не определяется полностью ее начальным состоянием и вычислительной процедурой, ее описывающей.

Замечательная особенность иррациональных констант заключается в том, что их знаки можно вычислять бесконечно и так и не достичь предела. Казалось бы, чем точнее мы знаем значение фундаментальных констант и исходные данные, тем точнее сможем предсказать результат. И иногда это действительно так. Да, но не в случае аритмотронного процесса. Продемонстрируем это при помощи формулы, которая позволяет сравнивать две числовые последовательности на предмет их сходства или различия. Назовем эту формулу функцией Λ. Функция принимает отрицательные значения, когда две сравниваемые последовательности не разбегаются, и становится положительной, когда они разбегаются – то есть становятся все более несхожими. Применим эту формулу для нашей аритмотронной процедуры. Будем сравнивать последовательности, ею порождаемые, при совершенно одинаковых исходных данных, то есть начальном состоянии x_0 и k, но при различной точности представления константы Эйлера. Результаты будем наносить на график, помечая отрицательные значения оттенками благородного голубовато-зеленого тона, а положительные – оттенками красного. График будем строить в осях x_0, k. Таким образом, для каждой начальной точки x_0, k в результате вычисления функции Λ, сравнивающей две итерируемые последовательности, будет получено некоторое значение, обозначенное цветом. Полученная в результате вычислений картина проявляет и позволяет увидеть странные сложнейшие структуры. Компьютер в данном случае – это прекрасный инструмент метафизической визуализации. Тоновая карта, приведенная на *рис. 2*, наглядно демонстрирует, что каждый следующий знак иррациональной константы способен радикально менять трек нелинейного итерационного процесса. Каждый следующий ее знак, включенный в вычисления, в общем случае не приближает итерационный процесс к какому-то единичному идеальному сценарию, но изменяет этот сценарий. Можно сказать, что в общем случае для аритмотронной процедуры число e, взятое с точностью до 8-го знака, и число e, взятое с точностью до 9-го знака, – не приближенные значения одного числа, а совершенно разные числа. Это касается не только иррациональных констант, но и любых чисел с плавающей точкой, которыми

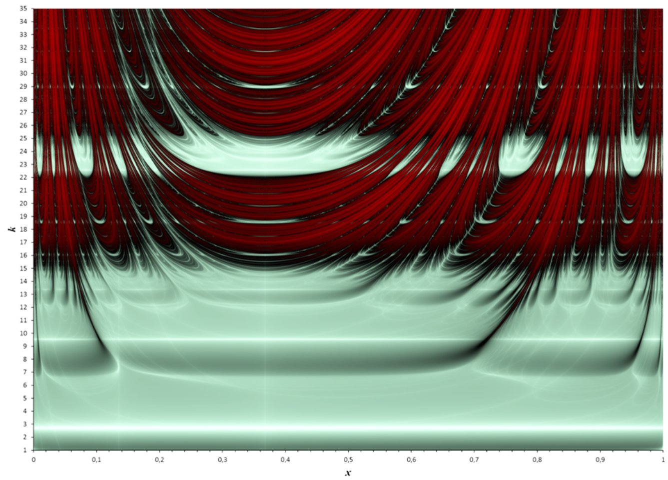


Рис. 2. Тоновая карта оценки показателя λ отображения $x_{i+1} \leftarrow e^{kx_i \ln x_i}$

оперируют нелинейные циклические (рекурсивные) процедуры.

Искусство, наряду с наукой, также представляет собой форму познания. Современное изобразительное искусство часто обращается к абстрактным геометрическим образам. Художники, используя метод интуитивного постижения, пытаются проникнуть в метафизические основания отображаемой ими реальности. Таковым, например, является художник-экспериментатор Франциско Инфанте-Арана, чья выставка «Метафора бесконечности» весной 2025 г. с успехом прошла в Новой Третьяковке в Москве. Таковым же был и основатель оп-арта Виктор Вазарели, расширивший арсенал изобразительных средств современного искусства оптическими иллюзиями и повторяющимися геометрическими паттернами. Мы опираемся на идею одной из картин Виктора Вазарели для отображения результатов следующей экспериментальной вычислительной процедуры. А именно – в качестве визуальной основы или фона мы частично процитируем его картину «Арктур II». Картина представляет собой четыре квадрата, состоящие из градиентов тона четырех различных цветов. На картине Вазарели по часовой стрелке расположены сиреневый, синий, красный, зеленый. В нашем случае это примерно те же цвета, только расположенные в другом порядке, а именно – синий, красный, сиреневый, зеленый *(рис. 3)*.

Квадраты нам нужны для того, чтобы размещать на них четыре последовательных поколения континуального клеточного автомата, в основу правил перехода которого положена выведенная нами выше формула. Только вместо x в ней фигурирует среднее значение, вычисленное с учетом локального окружения каждой клетки. Иными словами, формула теперь помещена на клеточное поле. Оно для удобства свернуто в тор и, таким образом, не имеет границ. Игра начинается с одной-единственной клетки, подобно тому, как из одной оплодотворенной клетки возникает организм. Первоначально в условно выбранную на торе центральную ячейку поля помещается некоторое случайное число. Для полноты ассоциации с первичным ничто можно выбрать его предельно близким к нулю. Далее в действие вступают правила перехода. Клетки начинают взаимодействовать. Предполагается, что состояние всех клеток поля пересчитывается одномоментно. То есть будущее F рождается из настоящего N. Только в данном случае аргументом выступает не число, а матрица. Формула же, по сути, остается той же. История конфигурации клеточного поля разбита на дискретные такты. Состояние каждой клетки в следующем такте определяется текущим состоянием ее самой, а также 8 соседних клеток. По этим девяти ячейкам (центральной и соседним) вычисляется среднее S, которое возводится в степень S. Полученный результат помещается в соответствующую ячейку поля следующего поколения. Напомним, что состояния всех клеток пересчитываются одномоментно, поэтому в памяти компьютера в момент вычисления хранится две копии клеточного поля. Одна из них соответствует настоящему полю N, а другая, вновь формируемая, – возникающему из настоящего будущему F. На следующем цикле будущее становится настоящим и формирует новое будущее.

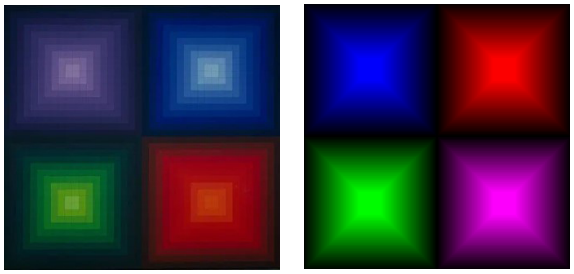


Рис. 3. Картина Виктора Вазарели «Арктур II» (вверху) и нулевой цикл моделирования клеточных симметроидов

Структуры, которые развиваются в результате работы этой вычислительной процедуры на клеточном поле, нами названы симметроидами. Поскольку алгоритм расчета одинаков для всех клеток, а исходная ячейка одна и расположена в центре поля, получающиеся паттерны центросимметричны, и симметрия эта арифметически должна сохраняться неограниченно долго, пока работает программа.

Симметроиды развиваются, усложняются, приобретают сходство с диатомовыми водорослями, медузами, цветами... Это подобие с бионическими формами не случайно. Онтогенез, индивидуальное развитие биологических организмов, происходит по тем же принципам локального взаимодействия между клетками. На эти принципы указал еще А. Тьюринг в своей основополагающей работе о морфогенах [6].

Кроме чисто научного интереса симметроиды вызывают эстетические ощущения и фактически могут рассматриваться как арт-объекты *(рис. 4)*. Причем, в отличие от генеративной графики совре-

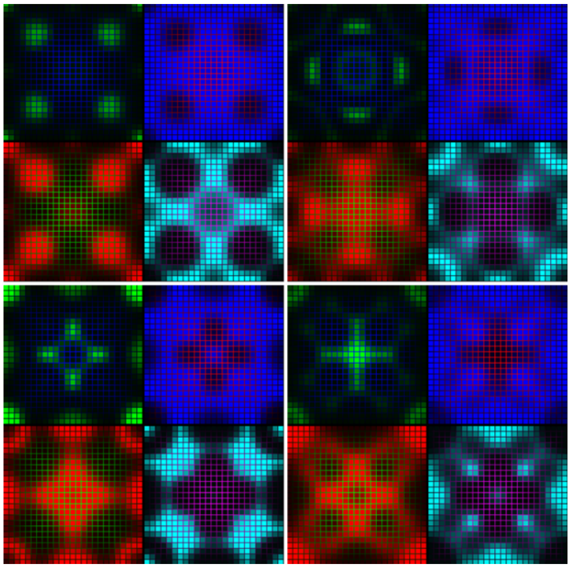


Рис. 4. Клеточные симметроиды на основе отображения (1)

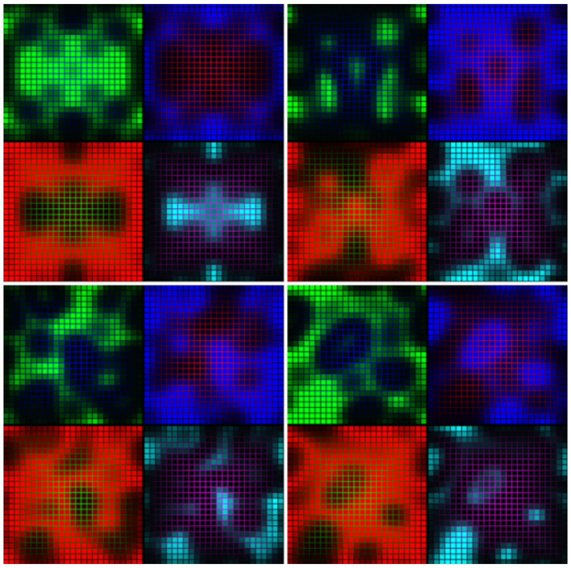


Рис. 5. Распад симметроидов на дистинктивные структуры

менного искусственного интеллекта, в них присутствует творческий дух создателя, воплощенный в исходной идее, формуле, управлении цветом. В данном случае речь идет о полноценном акте познания, но не о поверхностной бездушной имитации.

Когнитивные параллели симметроидов с развитием макрокосма и микрокосма не заканчиваются самоорганизацией и самопроизвольным усложнением симметричных форм. В поздней стадии итерационного процесса симметроиды деструктурируются, симметрия нарушается, и клеточные паттерны продолжают свою эволюцию в форме изменчивых, так называемых дистинктивных структур *(рис. 5)*. Данные структуры не являются чем-то иным по отношению к симметроидам и не представляют собой хаос в изначальном смысле. Они эволюционируют ровно по тем же правилам и по той же программе, что и симметроиды. Это тоже фаза самоорганизации. Если, например, в качестве исходного состояния моделирования взять не одну-единственную исходную центральную клетку, а все клеточное поле заполнить случайными числами, то можно наблюдать, как изначальный хаос самоорганизуется и система начинает эволюционировать по своим внутренним правилам. Формы дистинктивных структур в этом смысле отнюдь не произвольны. Автору всегда хотелось изобрести именно такую простую детерминированную математическую процедуру, которая бы бесконечно генерировала некоторые непроизвольные последовательные состояния и при этом никогда не «уставала» изобретать все новые и новые формы. Примерно так и должно выглядеть истинное время. И в данном случае компьютер, снабженный устройством отображения, является тем инструментом, который позволяет нам изобразить время.

Почему в данном случае для фона построения симметроидов мы выбрали цитату картины Вазарели «Арктур II»? Дело в том, что сама вычислительная процедура, использующая формулу пассионарного осциллятора, постоянно воспроизводит выраженный четырехчленный цикл. Это хорошо заметно на бифуркационной диаграмме, представляющей собой как бы комбинацию двух бифуркационных процессов, наслаивающихся друг на друга. Паттерны в процессе итерирования постоянно проходят 4 стадии, повторяя четырехэлементный квазицикл. В результате весь итерационный процесс целесообразно отображать связными четверками паттернов, расположенных по часовой стрелке. Поэтому использована визуальная идея картины В. Вазарели. Это наглядная иллюстрация взаимосвязей искусства и науки. Оп-арт и В. Вазарели представляют собой ответвление абстрактного геометрического искусства, начало которому было положено в авангардном объединении художников УНОВИС, в том числе в белорусском Витебске.

Почему же деструктурируются симметроиды? С точки зрения элементарной арифметики этого быть не должно, более того, быть не может. Деструкция симметроидов не предусмотрена в алгоритме программы. Причина состоит в том, что арифметические операции с числами с плавающей точкой цифровые компьютеры выполняют не совсем идеально. В результате по мере итерирования динамической системы накапливаются неувязки между центросимметричными элементами матрицы, что в итоге приводит к нарушению симметрии, деструкции симметроидов и их превращению в дистинктивные структуры.

Таким образом, полной информации о сценарии эволюции динамической системы с локальными взаимодействиями и нелинейными правилами перехода не содержится в исходных данных и алгоритме программы. Судьба системы, ее эволюционный трек изменяется на стадии реализации, непосредственно во время выполнения; расчет свершается, и его результат определяют начальное состояние, алгоритм программы, а также особенности вычислительной среды. В данном случае вычислительная среда цифрового компьютера неидеальна и не обеспечивает абстрактной бесконечной точности. Но существует ли вообще бесконечная точность, достижима ли она? Идеален ли наш мир? И вообще: могла ли бы родиться наша Вселенная, если бы ничто было абсолютным и не было бы флуктуирующим? Обо всем этом дает повод задуматься предлагаемая нами новая область цифровой вычислительной метафизики – аритмотроника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хайдеггер М. Время и бытие // Хайдеггер М. Разговор на проселочной дороге. – М., 1991. С. 89.
2. Колесников А.В. Пассионарный осциллятор / А.В. Колесников // Проектирование будущего. Проблемы цифровой реальности: труды 7-й Междунар. конф. (15–16 февраля 2024 г., Москва). – М., 2024. С. 352–361.
3. Пригожин И. Переоткрытие времени / И. Пригожин // Вопросы философии. 1989. №8. С. 3–19.
4. Фейгенбаум М. Универсальность в поведении нелинейных систем / М. Фейгенбаум // Успехи физических наук. 1983. №2. С. 343–374.
5. Бугаев Н.В. Математика и научно-философское мировоззрение / Н.В. Бугаев // http://bugayev.ru/bugayeff.pdf.
6. Turing A.M. The Chemical Basis of Morphogenesis / A.N. Turing // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. 1952. Vol. 237, №641. P. 37–72.