



© В. М. Трофимов

DOI: [10.15293/2658-6762.2105.02](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2105.02)

УДК 001.8+008+378

О природе устойчивости процесса во времени

В. М. Трофимов (Краснодар, Россия)

Проблема и цель. Почему представления о времени в «Илиаде» и в условиях современных скоростей передачи больших потоков информации неожиданно сходятся и ключевым моментом становится исследование форм устойчивости процесса во времени? Что действительно мы понимаем под укоренившимся мышлением и устойчивым развитием и как они связаны с эволюционной природой устойчивых процессов? Цель работы – представление формы устойчивого процесса, его конструктивного развертывания во времени средствами естественно-научного анализа.

Методология. На материалах и методах измерений изменяющихся во времени величин, а также теоретико-множественных предпосылок ветвления процесса предлагается искать естественно-научные основания для анализа устойчивого развития тенденции в культуре вообще и в информационных процессах и системе образования в частности. Мы здесь также пытаемся встать на известную точку зрения (К. Лоренц, И. Пригожин), когда время, необратимость, случайность в некотором конструктивном процессе относятся и к неодушевленной материи, и к жизни, и к человеку.

Результаты. На основе проведенного автором анализа представлен ответ на вопрос о том, существуют или нет естественные условия устойчивости объекта-процесса, в каком аспекте можно говорить о конструктивности времени, эволюционном укоренении устойчивых процессов, точках ветвления и «протягивании» устойчивого образовательного процесса в будущее.

Заключение. Наши представления о процессах во времени и условиях их устойчивости в самом широком культурном аспекте, включая систему образования, нуждаются в уточнении. Конструктивное развертывание процесса во времени имеет свою структуру, обеспечивающую эволюционное укоренение процесса и, в частности, процесса образовательного.

Ключевые слова: эволюционное укоренение; усреднение; измерение; нелинейная причинность; неопределенность; случайность; корреляции; устойчивость образовательного процесса; устойчивое развитие.

Постановка проблемы

При решении вопроса о «первооснове мира» в пользу воды (Фалес), воздуха (Анаксимен) древние греки возвысились до понима-

ния не конкретных сред, а некоторой абстрактной среды, в которой непрерывно возникают, изменяются и исчезают объекты-«вихри» и движение представляется не как

Трофимов Виктор Маратович – доктор физико-математических наук, профессор кафедры информационных систем и программирования, Кубанский государственный технологический университет.

E-mail: vtrofimov9@yahoo.com



плавное перемещение, а как преобразование и обновление объектов. В «Илиаде» пространство и время «проясняются» по мере описания, а действие в гомеровском эпосе происходит не прямолинейно, но по различным направлениям и медлительно¹.

Современные скорости доставки больших объемов информации широким массам активных пользователей приводят к неустойчивости актуальной картины мира и противоречиям в оценке реальности при принятии решений на всех уровнях. Высокая скорость изменений вынуждает рассматривать объект управления всегда как процесс во времени, устойчивость которого становится определяющим фактором. Поскольку объект часто нельзя отделить от нашего с ним взаимодействия, то и мы сами находимся в этом процессе-объекте. Об интенсивности процесса мы узнаем из информации, которая нематериальна, но всегда существует во времени². Отсюда возникают вопросы: как конструируется устойчивый информационный процесс, включая и материальные объекты, и процессы мышления, существуют ли естественные условия устойчивости процесса и как они реализуются во времени? Можно ли ставить вопрос о конструктивной природе времени? И если да, то какие закономерности она имеет? Если мы не будем учитывать эти вопросы при создании образовательных проектов и проектировании новых систем и методов в образовании, то мы не получим жизнеспособного, т. е. устойчивого во времени, результата. Ближайшая к данной проблеме – концепция устойчивого развития [8; 11; 23] выходит к понятию *укоренившегося мышления* (*ingrained mindset*), которое практикуется в по-

вседневных действиях [23]. Современные исследователи устойчивого развития [23], устанавливая критические связи между тремя ветками устойчивости: экологической, социальной и экономической, надеются, что STEM-вузы будут готовить агентов изменений (выпускников) с более углубленным взглядом на устойчивость (*STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Термин *укоренившееся мышление* не случаен. Укоренение предполагает разветвление и функционирование всех ветвей одновременно. *Точка ветвления* при этом отличается от используемого в физике и математике понятия точки бифуркации тем, что процесс движется не по какой-то одной из возможных ветвей, а по всем сразу. Почему это так происходит и как это связано с устойчивостью процесса?

Принятая Генеральной Ассамблеей ООН в 2015 г. повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. вплетает экономические, социальные и экологические цели как «неделимое целое» в концепцию 17 целей устойчивого развития [11]. Авторы целей устойчивого развития предполагают, что цели как-то зависят друг от друга, но как зависят – остается вопросом [11]. В [23] утверждается, что устойчивое развитие не является целью и представляет собой мышление, укоренившееся в повседневности. Оказывается, причинно-следственный анализ влияния влажности почвы на осадки достаточно сложен [9; 21], не говоря о запутанности взаимовлияния целей-факторов в анализе проблем нищеты, надлежащей санитарии и экономической поддержки в области устойчивого развития [8]. В макроэкономическом анализе принципиально разных экономик США и Китая пыта-

¹ Лосев А. Ф. Античная философия истории. – М.: Наука, 1977. – 560 с. URL: <http://www.sno.pro1.ru/lib/losev/6.htm>

² Трофимов В. М. Мир как информационные системы: видеолекция. URL: <http://video.kubstu.ru/r-157>

ются выявить общий основополагающий механизм устойчивого развития. Надежды возлагаются на переход к анализу так называемой нелинейной причинности (*nonlinear causality*) [7]. Нелинейные тесты причинности выполняются для получения более надежной информации, чем дает линейная причинность.

В [10] анализируется новый вид науки (*New Kind of Science*) Стивена Вольфрама, который предлагает вместо традиционного научного анализа и непрерывного математического описания сфокусироваться на машине, известной как клеточный автомат, как прототип генератора сложных явлений. Простейший клеточный автомат состоит из ряда клеток, каждая из которых находится в одном из

двух состояний. Состояния ячеек обновляются от момента к моменту по простым правилам. Демонстрируется, что эти машины и их многочисленные вариации могут генерировать множество результатов, начиная от очень простых и заканчивая чрезвычайно сложными, например, явления в геофизике, удовлетворяющие фрактальной статистике [17], и, предположительно, поведение организмов. Вольфрам показывает³, в частности, что для каждого исторического пути (процесса во времени) причинно-следственный граф, отображающий причинно-следственные связи между событиями, всегда будет иметь ветвящийся вид (рис. 1).



Рис. 1. Причинно-следственный граф, отображающий причинно-следственные связи между событиями
Fig. 1. A cause-and-effect graph that displays the cause-and-effect relationships between events

То есть наблюдаются, с одной стороны, разветвление, а с другой – инвариантность причинно-следственных связей, что характеризует, по Вольфраму, природу времени таким образом, что есть и схождение ветвей. Исследование в другой области [20] проясняет влияние конфигурации разветвленной цепи полисахаридов и степени их разветвления на стабильность гранул анаммокса, а в [12] про-

сматривается аспект нетривиального взаимодействия ветвей гуманитарного знания, биологии и антропологии. В современном образовании осознается необходимость развития ветвей образовательного знания как системы мировоззренческих знаний личности, формирующихся на основе принципов философской рефлексии [2]. В исследовании [2] вскрывается противоречие между непрерывным на

³ Стивен Вольфрам: кажется, мы близки к пониманию фундаментальной теории физики, и она прекрасна.
URL: <https://www.nanonewsnet.ru/news/2020/stiven->

[volfram-kazhetsya-my-blizki-k-ponimaniyu-fundamentalnoi-teorii-fiziki-ona-prekrasna](https://www.nanonewsnet.ru/news/2020/stiven-volfram-kazhetsya-my-blizki-k-ponimaniyu-fundamentalnoi-teorii-fiziki-ona-prekrasna)

протяжении всей жизни образованием и необходимостью переосмысления полученных знаний в процессе критической рефлексии с позиции достигнутого опыта. Переосмысление придает развитию форму дискретных шагов. Нассим Талеб [16] убедительно демонстрирует, что сам по себе надежный статистический метод, основанный на использовании традиционного гауссового распределения, оказывается недостаточным в задачах экономического прогнозирования в связи с влиянием редких, но с конечной вероятностью событий большого масштаба, которые описываются распределениями с «толстыми хвостами» [13; 15; 16], а по сути – вмешательством целого набора сценариев-ветвей, которые нельзя не принимать во внимание в задачах прогнозирования. Изменение климата и неустойчивость городской жизни приводят к задаче о топологии транспортной сети и приоритетности кластерного взаимодействия транспортных ветвей как определяющего фактора устойчивости сети [6]. Управление параллельными проектами в крупных фирмах выводит на задачи классификации ветвей неопределенностей, в частности примитивных, структурных и элементарных, а также на аспекты, связанные с управлением этими неопределенностями [19]. Исследование неопределенностей в инновационной деятельности часто приводит к анализу нелинейной причинности [22]. Рассмотрение возможной структуры рефлексии в процессе изобретательской деятельности приводит к необходимости расщепления ее на несколько десятков приемов⁴. Геометрическая визуализация таких приёмов способствует удержанию одновременно всех их в целостности перед творческим взглядом-

поиском [4], а также гибком их приспособлении к задаче. Гибкость нескольких ветвей рефлексии в общественном сознании можно классифицировать еще как процесс повторяющейся дестабилизации общественных ценностных ориентаций или мировоззрений [1], как процесс, неразрывно связанный с проблемой устойчивости развития общества [18]. В таком понимании крайности мировоззрений становятся нежизнеспособными в силу отсутствия эволюционной гибкости и генерации новых мировоззренческих ветвей.

Цель работы – представление формы устойчивого процесса, его конструктивного развертывания во времени средствами естественно-научного анализа.

Методология исследования

Мы наблюдаем мир через сетку усреднения в процессе измерений. Поэтому соотношение скоростей изменения и измерения наблюдаемого процесса играет ключевую роль в построении наших рабочих моделей для его – процесса – изучения. Когда времена характерных изменений процесса огромны, как, например, времена изменения гравитационного поля планетной системы, для описания такого процесса вполне подходит обратимая во времени ньютонова динамика: тела двигаются по рассчитываемым из начальных условий траекториям, работают законы классической механики. Когда же времена характерных изменений движущихся частиц материи чрезвычайно малы, а количество их огромно, приходится использовать статистическую механику, и тогда вдруг возникает необходимость термодинамики с ее законом роста энтропии и необратимостью процессов. Вот это противоречие,

⁴ Альтшуллер Г. С. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 400 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22330007>

несовместимость фундаментального принципа для понимания единой в своей основе природы и, в частности, природы времени заставляет вводить понятия «физическое время» и «классическое время». Такая ситуация никогда не удовлетворяла тех исследователей, которые пытались «дать менее противоречивый взгляд на природу, выбрать такой взгляд на нее, где есть место неодушевленной материи, жизни и человеку»⁵.

Мы здесь также попытаемся встать на подобную точку зрения, когда время, необратимость, реальность в некотором конструктивном процессе относятся и к неодушевленной материи, и к жизни, и к человеку. Для этого мы вводим понятие *устойчивой тенденции* и фокусируем внимание на *естественно-научных условиях* ее существования применительно ко *всей культуре*, солидаризуясь в этом последнем аспекте с точкой зрения К. Лоренца⁶. В живой природе примером реализации устойчивой тенденции является биологическая эволюция. Однако человеческая цивилизация декларирует в качестве безальтернативного своего будущего *устойчивое развитие* как такую устойчивую тенденцию изменений, которая позволит ей выжить.

Вначале заметим, что детерминизм законов классической механики – иллюзия больших времен усреднения. Все дело в характерном времени нашей жизни: для нас период характерного изменения гравитации, например, 100 тысяч лет – это слишком много, чтобы воспринимать такой промежуток времени. Привычный для нас период усреднения – это промежутки длительностью от десятых долей секунды до 10 лет. За такие короткие времена

не происходит практически никаких событий в компетенции гравитационного поля, оно неизменно, как и постоянная ускорения свободного падения.

Временной процесс – это, по существу, механизм превращения некоторой тенденции или тенденций изменений в устойчивые конструкции. Если времена изменения процесса и измерения сопоставимы, то время, понимаемое, прежде всего, как причинно-следственная связь, не ограничивается одной ветвью развития – их должно быть несколько, причем одновременно. Как же время соединяет ветви в целое? За счет чего ветви в целом выживают? Они могут опять же сами расслоиться на ветки, как в дереве языков мира. Но есть еще один механизм – *это корреляции между ненаблюдаемыми отклонениями самих ветвей*. О том, что такое ненаблюдаемая величина, скажем ниже. Такие корреляции делают устойчивыми не сами отклонения ветвей, а их взаимодействие, если в нем проявится какая-то согласованность. Часто выживает во времени как раз не сама ветвь, а корреляция ее отклонений с отклонениями другой ветви. Если бы не было корреляции, то любая ветка, а значит и все они за некоторое время обязательно бы исчезли или омертвели (как латынь, например).

Мы имеем всегда ситуацию с усреднением по нескольким реализациям за некоторый промежуток времени. Если этот промежуток много больше времени нашей жизни, например равен характерному времени изменения гравитационного поля в окрестности планеты Земля, то мы не можем измерить другие реализации этого поля, и тогда в описании

⁵ Пригожин И. Постигание реальности: Выступление в Свободном университете Брюсселя // Природа. – 1998. – № 6. – С. 4–11. URL: <http://vivovoco.ibmh.msk.su/VV/PAPERS/NATURE/PRIG.HTM>

⁶ Лоренц К. Обратная сторона зеркала. – М.: АСТ, 2021. – 576 с.

мира появляются: материальная точка, траектория, скорость, ускорение, силы. При этом время трактуется просто как параметр в уравнениях ньютоновой механики. Это время обратимо, отсутствует стрела времени, т. е. отсутствует односторонняя направленность его от прошлого к будущему. В термодинамике, в эвристическом смысле более фундаментальной науке, чем ньютонова механика, эта направленность времени возникает в соответствии со вторым началом термодинамики. И. Р. Пригожин⁷ и его ученики пытались ввести в точные науки необратимость процессов через физическое время, имеющее стрелу времени, и избавиться таким образом от времени формального как простого параметра уравнений. Необратимость в широком смысле они связывают с проявлением фактора *случайности*, также имеющего фундаментальный смысл в физических законах, в то время как распространенная точка зрения связывает случайность с несовершенством техники измерений.

Посмотрим на эти вещи отчасти в ином ракурсе. Будем полагать, что мир состоит из более или менее устойчивых вещей и процессов (иначе бы мы его просто не увидели). Именно поэтому мы способны измерять вещи достаточно точно. Разумно предположить, что для существования этой устойчивости вещей и процессов имеются какие-то естественные условия. Будем полагать, что таким условием является *ветвление* процесса. Пример устойчивости популяции людей – это существование одновременно нескольких рас, языков, диалектов. Дерево основных языков – это при-

мер устойчивой лингвистической конструкции, произведенной временем. Гипотетически предпосылки ветвления могут быть описаны с помощью бинарного отношения эквивалентности, существование которого предполагает с необходимостью появление классов эквивалентности – ветвей процесса, например, диалектов языка⁸ [5]. Отношение эквивалентности как бы протягивает объект-процесс в будущее, сохраняя его в некотором смысле тем же самым, а плата за это сохранение во времени – расщепление процесса на классы эквивалентности. Однако такая грубая модель не описывает возможного взаимодействия между ветвями в дальнейшем с течением времени, и мы ее уточним.

Результаты исследования

Как мы уже знаем, для устойчивости важны усредненные отфильтрованные во времени параметры, т. е. параметры, которые в принципе могут быть измерены. Пусть \vec{A} – вектор, суммирующий направление ветвей. Предположим, что возникают ветви вследствие корреляций ненаблюдаемой части вектора измеряемой величины \vec{a} с другими ненаблюдаемыми каких-то других величин \vec{b} , \vec{c} , \vec{d} и т. д. Если никакие ненаблюдаемые величины не влияли в течение некоторого промежутка времени, то корреляций нет и вектор \vec{A} направлен, например, вдоль какой-то одной оси $\vec{A}(0, 1, 0)$, или $\vec{A}(1, 0, 0)$, или $\vec{A}(0, 0, 1)$. Тогда имеем локальный во времени детерминизм, удобный, как мы знаем, для описания явлений с характерными временами, много большими, чем время человеческой жизни.

⁷ Пригожин И. Постигание реальности: Выступление в Свободном университете Брюсселя // Природа. – 1998. – № 6. – С. 4–11. URL: <http://vivovoco.ibmh.msk.su/VV/PAPERS/NATURE/PRIG.HTM>

⁸ Трофимов В. М., Сабре Д., Владимирова Н. А. О принципе сближения мышления и искусственного интеллекта // Инновационные процессы в высшей школе: сборник материалов международной научной конференции. – 2020. – С. 173–176. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44516284>

Поставим простой эксперимент: поместим песок в ящик кубической формы, а затем удалим боковые стенки ящика и будем наблюдать во времени, что происходит с первоначальной кубической формой песка. Песок начнет осыпаться, и вскоре образуется форма, напоминающая пирамиду. Этот простой опыт показывает, какая форма многоэлементной конструкции устойчива во времени. Египтяне с известной целью возводили пирамиды, т. е. такие конструкции, которые уже изначально приведены к идеально устойчивой форме. Если представить дерево языков мира как пирамиду, то понятно, что дерево основных языков человечества с каким-то одним протоязыком в начале времен «стремилось» с течением времени обрести все более и более устойчивую конструкцию в некотором абстрактном пространстве, но в реальном времени.

Пример с кубом песка, который принимает форму, близкую к пирамиде, связан с поведением сыпучих объектов в гравитационном поле земли. Однако это лишь наводящий пример. Мы будем пытаться продемонстрировать свойство устойчивого во времени процесса, заключающееся в закреплении любой жизнеспособной *тенденции* (тренда, процесса) с помощью развала ее на несколько ветвей. Проявление такой формы конструктивности времени продиктовано необходимостью надежного продолжения тенденции в будущее.

Представим какую-либо тенденцию какого-либо процесса с помощью всего одного скалярного параметра $A(t)$, зависящего от времени. Это может быть скорость движущейся среды, скорость изменения экономических показателей (индексов), и, в принципе, им может быть любая измеряемая величина. Общность рассмотрения при этом сохраняется, так как мы можем представлять тенденцию ансамблем зависящих от времени параметров.

Пусть это будет физический процесс, происходящий в привычном трехмерном евклидовом пространстве. Чтобы наблюдать параметр $A(t)$, его нужно измерить. Поскольку процесс измерения занимает некоторое время T , то мы всегда измеряем некоторое усредненное за время T значение этого параметра:

$$\langle A \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T A(t) dt$$

В связи с этим можно представить параметр $A(t)$ в виде некоторого независимого от времени на промежутках $t < T$ или, как говорят, осредненного по времени T значения $\langle A \rangle$ и случайного отклонения от этого значения или пульсации параметра $a(t)$. То есть параметр $A(t)$ представляется в виде:

$$A(t) = \langle A \rangle + a(t) \quad (1)$$

Заметим здесь, что мы не рассматриваем относительно медленные, например, колебательные нестационарные процессы, когда характерное время изменения процесса существенно больше времени измерения T . Такие процессы легко проследить прямыми измерениями и принять в качестве базовых, поэтому для простоты описания опустим медленные колебательные процессы, т. е. будем полагать, что величина $\langle A \rangle$ не зависит от времени.

Проанализируем теперь, что будет с тенденцией $A(t)$ во времени. Еще раз напомним, что мы наблюдаем какой-либо параметр, в данном случае характеризующий тенденцию параметр $A(t)$, только тогда, когда мы можем его измерить. Измерение всегда проводится за какое-то конечное время, и поэтому если период отклонений величины $a(t)$ от некоторого постоянного значения $\langle A \rangle$ существенно короче времени измерения, то мы это отклонение просто не наблюдаем:

$$\langle a(t) \rangle = 0 \quad (2)$$

В результате мы наблюдаем только величину $\langle A \rangle$, которая не зависит от времени, по крайней мере, на временах $t < T$. Следовательно, никаких изменений тенденции как некоторого тренда изменений на временах $t < T$ мы не наблюдаем вообще. Но как же тогда тенденция осуществляется во времени? Посмотрим, как могло бы осуществиться свойство *конструктивности времени* в этой ситуации. Любая жизнеспособная тенденция в некоторый случайный момент времени *разваливается* на несколько ветвей, например, в силу свойства отношения эквивалентности порождать классы эквивалентности [5]. Представим для удобства описания процесс развала первоначальной тенденции на несколько ветвей в виде двух искусственно выделенных этапов: *ненаблюдаемого* и *наблюдаемого*. Первый этап характеризуется развалом (в результате внешних и внутренних воздействий) пульсационной части на несколько ветвей, которые инвариантны относительно преобразования координат (если каждая из них зависит от соответствующей проекции a_i на координатную ось $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$) и не могут сами по себе наблюдаться:

$$\vec{A} = \overline{\langle A \rangle} + a_1(t)\vec{i} + a_2(t)\vec{j} + a_3(t)\vec{k} \quad (3)$$

Мы не можем наблюдать этот этап, поскольку

$$\langle a_i \rangle = 0 \quad \text{для } i = 1, 2, 3$$

На втором этапе происходят корреляции во времени между ненаблюдаемыми, т. е. появляются уже некоторые – не обязательно все – неравные нулю корреляции из возможного их набора:

$$\begin{aligned} &\langle a_1(t)a_2(t) \rangle, \quad \langle a_1(t)a_3(t) \rangle, \\ &\langle a_2(t)a_3(t) \rangle, \\ &\langle a_1(t)a_2(t)a_3(t) \rangle, \dots \end{aligned}$$

Что происходит (во времени) с величиной $\langle A \rangle$ в (3)? Надо полагать, что в силу второго начала термодинамики эта величина или сохраняется в условиях относительной изолированности, или постепенно исчезает в силу роста энтропии. Последнее вероятнее, так как удержать изолированность практически невозможно. Подводя промежуточный итог, мы можем сказать, что исходная тенденция, характеризуемая параметром $A(t)$, может продолжиться в будущее посредством появления нескольких наблюдаемых ветвей, реализуемых в виде корреляций, которые сами по себе могут быть представлены, например, в следующем виде:

$$a_i(t)a_j(t) = \langle a_i(t)a_j(t) \rangle + \text{пульсация}$$

С осредненной частью во времени также может произойти либо сохранение в условиях относительной изолированности, либо постепенное исчезновение в силу того же второго начала термодинамики. Весь процесс в целом необратим (и характеризует свойство времени течь в одном направлении от прошлого к будущему) по двум главным причинам: *i*) наличию точек развала тенденции на ветви и *ii*) появлению наблюдаемых величин в результате корреляций ненаблюдаемых частей ветвей тенденции. Весь процесс также имеет черты поддерживающейся целостности с добавлением нового качества, т. е. устойчивого развития, эволюции. При этом какие-то ветви могут исчезать в силу разных причин, но устойчивость как раз и достигается за счет запаса ветвей в процессе их генерации. Итак, тенденция $A(t)$ устойчиво продолжается в свое будущее за счет ветвления или развала на несколько

ветвей и корреляций между ненаблюдаемыми величинами. Смысл корреляции может быть истолкован как эволюционная интеграция, реализуемая всегда с элементом случайности и появлением иногда нового качества.

Возможны также качественного характера аналогии с теми ситуациями, когда тенденция не является измеряемой величиной, а характеризуется некоторым нематериальным процессом, например, процессом самопознания. М. Мамардашвили говорил о пространстве текста как инструменте познания себя. Он не видел пользы в линейном повествовании: «Я иду разными путями (ср. с *разными ветвями*. – В. Т.), пользуясь ассоциациями, но мне кажется, так лучше говорить, чем говорить слишком гладко и последовательно»⁹. Вот именно это разветвление повествования вместе с соответствующими корреляциями ветвей *позволяет держать мысль устойчиво* и более того, развивать ее от одной точки ветвления до другой и надеяться, что событие ветвления произойдет, не имея впрочем никакой гарантии, что это непременно случится: «...что-то фундаментальное происходит с нами, когда акт чтения вплетен в какую-то совокупность поступков, в зависимости от того, как будет откristаллизовываться в понятную форму то, что с нами произошло, то, что мы испытали, что увидели, что нам сказано и что мы прочитали»¹⁰. М. Мамардашвили развивает мысль

Пруста о познании себя через написание своего текста, вводя понятие о *внутреннем акте*, его необходимости, чтобы познаваемый предмет как бы воссоздавался в сознании изучающего. Если с наполнением пространства – рядоположенностью предметов – можно относительно легко справиться, то со временем дело обстоит гораздо труднее. Собственно, внутренний акт в сознании познающего, по М. Мамардашвили, – это и есть уловленное время как момент *необратимости*, которая и есть главная черта в природе времени.

Ветвление процесса как необходимый признак его устойчивости имеет и другие аспекты, которые можно проиллюстрировать на весьма простой модели отображения бинарного отношения¹¹

$$AB \rightarrow BA \quad (2)$$

заданного на массиве
AAAAAAAAAAABBBBBBBBBB.

Пусть символом А обозначена молекула некоторого нейтрального газа, а символом В – молекула другого нейтрального газа. Пусть состояние AAAAAAAAAAABBBBBBBBBB внизу рисунка означает разделение с помощью перегородки двух газов, т. е. упорядоченное состояние, в то время как сверху рисунка эти газы в полностью «перемешанном» состоянии BABA BABA BABA BABA BABA. (см. рис. 2).

⁹ Мамардашвили М. Психологическая топология пути. – СПб.: Русский Христианский гуманитарный институт, 1997. – 574 с.

¹⁰ Там же. – С. 4.

¹¹ Стивен Вольфрам: кажется, мы близки к пониманию фундаментальной теории физики, и она прекрасна. URL: <https://www.nanonewsnet.ru/news/2020/stiven-volftram-kazhetsya-my-blizki-k-ponimaniyu-fundamentalnoi-teorii-fiziki-ona-prekrasna>

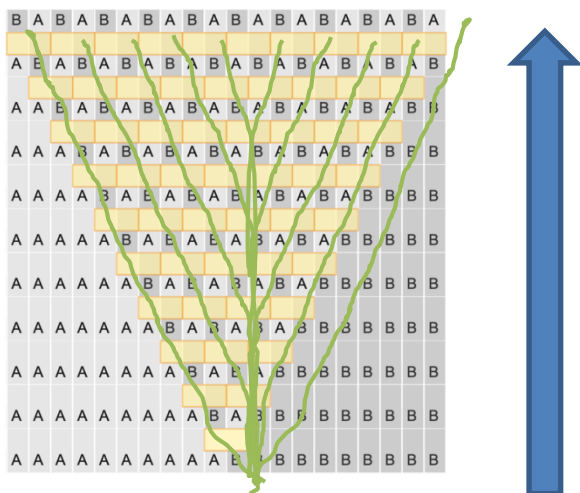


Рис. 2. Применение правила $AB \rightarrow BA$, начиная с нижней начальной строки

Fig. 2. Applying the $AB \rightarrow BA$ rule, starting from the lower initial line

Стрелка справа на рисунке обозначает направление устойчивого процесса, протекающего в системе, если снять перегородку между газами и предоставить систему самой себе. Переход от порядка к хаосу (перемешанному состоянию) сопровождается ростом энтропии в системе в соответствии со вторым началом термодинамики. Смысл отображения (2) иллюстрирует потерю симметрии в системе и по сути своей содержит «стрелу времени», т. е. однонаправленность времени, соответствующую его природе. В то же время характер ветвей на рисунке отражает устойчивость процесса.

Обсуждение, заключение

Высокие скорости доставки больших объемов информации вынуждают рассматривать любой объект управления, включая систему образования, как процесс во времени и, более того, как процесс интегрированный и неотделимый от нашего сознания, т. е. имеющий обратное воздействие на нас. Природная ограниченность скоростей обработки информации человеком, логика развития систем искусственного интеллекта и сам факт наличия в

мире устойчивых объектов-процессов свидетельствуют о доминировании естественных условий их существования и необходимости учитывать их в любых образовательных проектах.

Существование устойчивых процессов, т. е. удерживаемость их целостности во времени, имеет определенную структуру в пространстве причинно-следственных связей. Эта структура описывает укоренение процесса во времени, если это информационный процесс, или во времени и пространстве, если это процесс материальный. Такая структура имеет форму ветвящегося графа, между ветвями которого возможно взаимодействие.

Поскольку наука прежде всего интересуется теми объектами-процессами, которые можно измерить и выразить количественно набором некоторых параметров, то важнейшее значение приобретает поиск подходящей меры в процессе измерения для соотнесения между характерным временем изменения процесса и промежутком надежного измерения его прибором. Поэтому всегда остается ненаблюдаемая часть параметра, среднее значение которой за время измерения равно нулю.



В особом внимании нуждаются измерения индикаторов обученности в системах мониторинга образования и интерпретации данных, а возможно также и корректировка структуры тестов.

В устойчивом процессе происходит статистическое взаимодействие между ненаблюдаемыми частями параметров, в результате которого появляется наблюдаемая (измеряемая) нелинейная величина – корреляция случайных величин, дающая возможность продолжению процесса в будущее с появлением иногда качественно нового привнесения, которое можно назвать устойчивым развитием. Таким образом, в структуре причинно-следственных связей процесса появляются нелинейная причинность, случай и эволюция, а сам процесс имеет черты устойчивого процесса. Крайне важно создать условия в полной мере проявиться этим факторам в системе образования, особенно в STEM-вузах.

Конструктивное свойство разворачивания устойчивого процесса во времени выдвигает на первый план не непрерывно идущее вперед линейное время, а сложный процесс обновления, включающий преобразования разных видов: пересоздание, перерастание, воссоздание, пертурбации, обновление вложенности разномасштабных связанных процессов. Такие свойства разворачивающегося процесса близки по содержанию к турбулентной форме движения, которая, вопреки бытовому пониманию, является наиболее устойчивой, например, при обеспечении безотрывного обтекания профиля крыла самолета. Отметим при этом, что, как подчеркивают последователи¹² взгляда Ричардсона – Колмогорова [14] на турбулентность, ссылаясь на С. F. Weizsäcker¹³, происходит повторение шага, сделанного еще в древнегреческой философии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пушкарёв Ю. В., Пушкарёва Е. А. Виртуализация социальной коммуникации в образовании: ценностные основания информационного развития (обзор) // Science for Education Today. – 2020. – № 2. – С. 73–90. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2002.05>
2. Пушкарёв Ю. В., Пушкарёва Е. А. Рефлексивные принципы развития личности в условиях изменяющегося информационного содержания // Science for Education Today. – 2019. – № 2. – С. 52–66. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.1902.04>
3. Пушкарев Ю. В., Пушкарева Е. А. Фундаментальное знание в непрерывном образовательном процессе: методология и аксиология проблемы // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2016. – № 1. – С. 87–98. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1601.08>
4. Трофимов В. М. О математической природе сообразительности // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2017. – № 4. – С. 151–170. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1704.10>

¹² Немировский Ю. В., Хейнлоо Я. Л. Локально-вихревая теория турбулентных течений. – Новосибирск: Изд. НГУ, 1980. – 92 с.

¹³ Weizsäcker C. F. CHAPTER 13 – A Philosophy of Physics in the Making // Sarlemijn A., Sparnaay M. J. (Eds) Physics in the Making. – Elsevier, 1989. – P. 329–339. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-88121-2.50019-1>



5. Трофимов В. М. Что есть точное знание и как оно обеспечивается в когнитивных процессах // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2018. – № 4. – С. 141–157. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1804.09>
6. Akbarzadeh M., Reihani S. F. S., Samani K. A. Detecting critical links of urban networks using cluster detection methods // *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. – 2019. – Vol. 515. – P. 288–298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.09.170>
7. Ari I., Koc M. Economic Growth, Public and Private Investment: A Comparative Study of China and the United States // *Sustainability*. – 2020. – Vol. 12 (6). – P. 2243. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12062243>
8. Dörgö G.; Sebestyén V.; Abonyi J. Evaluating the Interconnectedness of the Sustainable Development Goals Based on the Causality Analysis of Sustainability Indicators // *Sustainability*. – 2018. – Vol. 10 (10). – P. 3766. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10103766>
9. Jia Z., Lin Y., Jiao Z., Ma Y., Wang J. Detecting Causality in Multivariate Time Series via Non-Uniform Embedding // *Entropy*. – 2019. – Vol. 21 (12). – P. 1233. DOI: <https://doi.org/10.3390/e21121233>
10. McDowell J. J., Popa A. Beyond continuous mathematics and traditional scientific analysis: Understanding and mining Wolfram's A New Kind of Science // *Behavioural Processes*. – 2009. – Vol. 81 (2). – P. 343–352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2009.01.012>
11. Nilsson M., Griggs D., Visbeck M. Policy: Map the interactions between Sustainable Development Goals // *Nature*. – 2016. – Vol. 534. – P. 320–322. DOI: <https://doi.org/10.1038/534320a>
12. Radamés Villagómez R. Mapping styles of ethnobiological thinking in North and Latin America: Different kinds of integration between biology, anthropology, and TEK // *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*. – 2020. – Vol. 84 (12). – P. 101308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2020.101308>
13. Richardson J. Book Review: Antifragile: Things that Gain from Disorder, by Nassim Nicholas Taleb // *World Futures Review*. – 2013. – Vol. 5 (2). – P. 219–221. DOI: <https://doi.org/10.1177/1946756713491391>
14. Richardson L., Lynch P. *Weather Prediction by Numerical Process*. – Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 236 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511618291>
15. Taleb N. N. On the statistical differences between binary forecasts and real-world payoffs // *International Journal of Forecasting*. – 2020. – Vol. 36 (4). – P. 1228–1240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2019.12.004>
16. Taleb N. N., Bar-Yam Ya., Cirillo P. On single point forecasts for fat-tailed variables // *International Journal of Forecasting*. – 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2020.08.008>
17. Turcotte D. L. The relationship of fractals in geophysics to “the new science” // *Chaos, Solitons & Fractals*. – 2004. – Vol. 19 (2). – P. 255–258. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-0779\(03\)00039-0](https://doi.org/10.1016/S0960-0779(03)00039-0)
18. Van Egmond K., De Vries B. Sustainability: The search for the integral worldview // *Futures*. – 2011. – Vol. 43 (8). – P. 853–867. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.05.027>
19. Vasconcelos Gomes L. A., Paula R. A. S. R., Facin A. L. F., Vasconcelos Gomes F. C., Salerno M. S. Proposing a Multilevel Approach for the Management of Uncertainties in Exploratory Projects // *Project Management Journal*. – 2019. – Vol. 50 (5). – P. 554–570. DOI: <https://doi.org/10.1177/8756972819870064>
20. Wang S., Liu L., Li H., Fang F., Yan P., Chen Ya., Guo J., Ma T., Shen Yu. The branched chains and branching degree of exopolysaccharides affecting the stability of anammox granular sludge // *Water Research*. – 2020. – Vol. 178 (1). – P. 115818. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115818>
21. Wang Y., Yang J., Chen Y., Maeyer P., Li Z., Duan W. Detecting the Causal Effect of Soil Moisture on Precipitation Using Convergent Cross Mapping // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8 (1). – P. 12171. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30669-2>



22. Williams A. W., Sánchez I. R., Škokić V. Innovation, Risk, and Uncertainty: A Study of Tourism Entrepreneurs // Journal of Travel Research. – 2020. – Vol. 60 (2). – P. 293–311. DOI: <https://doi.org/10.1177/0047287519896012>
23. Zizka L., McGunagle D. M., Clark P. J. Sustainability in science, technology, engineering and mathematics (STEM) programs: Authentic engagement through a community-based approach // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 279 (1). – P. 123715. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123715>

DOI: [10.15293/2658-6762.2105.02](https://doi.org/10.15293/2658-6762.2105.02)

Victor Maratovich Trofimov

Doctor of Physics-Mathematical Sciences, Professor,
Informational Systems and Computer Science Department,
Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0691-6277>
E-mail: vtrofimov9@yahoo.com

On the nature of the sustainability of the process in time

Abstract

Introduction. *Why do the ideas about time in 'The Iliad' and in the conditions of modern transmission speeds of large flows of information unexpectedly converge, and the key point is the study of the forms of stability of the process in time? What do we really mean by ingrained thinking and sustainable development, and how do they relate to the evolutionary nature of sustainable processes? The purpose of this paper is to present the form of a sustainable process, its constructive deployment in time by means of a natural science analysis.*

Materials and Methods. *Based on the materials and methods of measuring time-varying quantities, as well as set-theoretic prerequisites for branching the process, it is proposed to look for natural scientific grounds for analyzing the sustainable development of trends in culture in general, in information processes and the education system, in particular. Here we will also try to take a well-known point of view (K. Lorentz, I. Prigozhin), when time, irreversibility, randomness in some constructive process relate to inanimate matter, to life, and to human.*

Results. *Based on the analysis carried out by the author, the answer to the question of whether there are natural conditions for the sustainability of the object-process, in what aspect we can discuss the constructiveness of time, the evolutionary rooting of sustainable processes, branching points and the 'stretching' of a sustainable educational process into the future is presented.*

Conclusions. *Our ideas about the processes in time and the conditions of their sustainability in the broadest cultural aspect, including the education system, need to be clarified. The constructive deployment of the process in time has its own structure that ensures the evolutionary rooting of the process and, in particular, the educational process.*

Keywords

Evolutionary rooting; Averaging; Measurement; Nonlinear causality; Uncertainty; Randomness; Correlations; Educational process sustainability; Sustainable development.

REFERENCES

1. Pushkarev Y. V., Pushkareva E. A. Virtualization of social communication in education: Values-based approach to information development (a critical review). *Science for Education Today*, 2020, vol. 10 (2), pp. 73–90. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2002.05>
2. Pushkarev Y. V., Pushkareva E. A. Reflexive principles of personal development in the changing information content. *Science for Education Today*, 2019, vol. 9 (2), pp. 52–66. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.1902.04>



3. Pushkarev Y. V., Pushkareva E. A. Fundamental knowledge in the continuing education: methodology and axiology of the problem. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2016, vol. 6 (1), pp. 87–98. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1601.08>
4. Trofimov V. M. About the mathematical nature of acumen. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2017, vol. 7 (4), pp. 151–170. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1704.10>
5. Trofimov V. M. What is the exact knowledge and how it is produced in the cognitive processes. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2018, vol. 8 (4), pp. 141–157. DOI: <http://dx.doi.org/10.15293/2226-3365.1804.09>
6. Akbarzadeh M, Reihani S. F. S., Samani K. A. Detecting critical links of urban networks using cluster detection methods. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2019, vol. 515, pp. 288–298. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.09.170>
7. Ari I., Koc M. Economic Growth, Public and Private Investment: A Comparative Study of China and the United States. *Sustainability*, 2020, vol. 12 (6), pp. 2243. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12062243>
8. Dörgö G.; Sebestyén V.; Abonyi J. Evaluating the Interconnectedness of the Sustainable Development Goals Based on the Causality Analysis of Sustainability Indicators. *Sustainability*, 2018, vol. 10 (10), pp. 3766. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10103766>
9. Jia Z., Lin Y., Jiao Z., Ma Y., Wang J. Detecting Causality in Multivariate Time Series via Non-Uniform Embedding. *Entropy*, 2019, vol. 21 (12), pp. 1233. DOI: <https://doi.org/10.3390/e21121233>
10. McDowell J. J., Popa A. Beyond continuous mathematics and traditional scientific analysis: Understanding and mining Wolfram's A New Kind of Science. *Behavioural Processes*, 2009, vol. 81 (2), pp. 343–352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2009.01.012>
11. Nilsson M., Griggs D., Visbeck M. Policy: Map the interactions between Sustainable Development Goals. *Nature*, 2016, vol. 534, pp. 320–322. DOI: <https://doi.org/10.1038/534320a>
12. Radamés Villagómez R. Mapping styles of ethnobiological thinking in North and Latin America: Different kinds of integration between biology, anthropology, and TEK. *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 2020, vol. 84 (12), pp. 101308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.shpsc.2020.101308>
13. Richardson J. Book Review: Antifragile: Things that Gain from Disorder, by Nassim Nicholas Taleb // *World Futures Review*, 2013, vol. 5 (2), pp. 219–221. DOI: <https://doi.org/10.1177/1946756713491391>
14. Richardson L., Lynch P. *Weather Prediction by Numerical Process*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, 236 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511618291>
15. Taleb N. N. On the statistical differences between binary forecasts and real-world payoffs. *International Journal of Forecasting*, 2020, vol. 36 (4), pp. 1228–1240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2019.12.004>
16. Taleb N. N., Bar-Yam Ya., Cirillo P. On single point forecasts for fat-tailed variables. *International Journal of Forecasting*, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2020.08.008>
17. Turcotte D. L. The relationship of fractals in geophysics to “the new science”. *Chaos, Solitons & Fractals*, 2004, vol. 19 (2), pp. 255–258. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0960-0779\(03\)00039-0](https://doi.org/10.1016/S0960-0779(03)00039-0)
18. Van Egmond K., De Vries B. Sustainability: The search for the integral worldview. *Futures*, 2011, vol. 43 (8), pp. 853–867. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.05.027>
19. Vasconcelos Gomes L. A., Paula R. A. S. R., Facin A. L. F., Vasconcelos Gomes F. C., Salerno M. S. Proposing a Multilevel Approach for the Management of Uncertainties in



- Exploratory Projects. *Project Management Journal*, 2019, vol. 50 (5), pp. 554–570. DOI: <https://doi.org/10.1177/8756972819870064>
20. Wang S., Liu L., Li H., Fang F., Yan P., Chen Ya., Guo J., Ma T., Shen Yu. The branched chains and branching degree of exopolysaccharides affecting the stability of anammox granular sludge. *Water Research*, 2020, vol. 178 (1), pp. 115818. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115818>
 21. Wang Y., Yang J., Chen Y., Maeyer P., Li Z., Duan W. Detecting the Causal Effect of Soil Moisture on Precipitation Using Convergent Cross Mapping. *Scientific Reports*, 2018, vol. 8 (1), pp. 12171. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30669-2>
 22. Williams A. W., Sánchez I. R., Škokić V. Innovation, Risk, and Uncertainty: A Study of Tourism Entrepreneurs. *Journal of Travel Research*, 2020, vol. 60 (2), pp. 293–311. DOI: <https://doi.org/10.1177/0047287519896012>
 23. Zizka L., McGunagle D. M., Clark P. J. Sustainability in science, technology, engineering and mathematics (STEM) programs: Authentic engagement through a community-based approach. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 279 (1), pp. 123715. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123715>

Submitted: 02 August 2021

Accepted: 10 September 2021

Published: 31 October 2021



This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](#) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).