УДК 303.732.4

Реляционно-полевая модель представления времени

Аверин Г.В.
Донецкий национальный технический университет
averin.gennadiy@gmail.com

Аверин Г.В. «Реляционно-полевая модель представления времени». *Выполнен анализ опытных фактов в области изучения времени. Обобщены некоторые феноменологические особенности и закономерности динамических процессов различной природы. Даны определения и понятия, используемые при разработке модели представления времени. Изучена возможность формализации основных свойств времени: одновременности, последовательности и упорядоченности событий, свойств течения времени, его универсальности и необратимости. Разработаны основные теоретические положения и предложена реляционно-полевая модель времени. Представлены некоторые конструкции времени, основанные на возможных средах моделирования, в частности, на использовании вероятностной, геометрической и мультипликативной сред моделирования времени. Определено понятие энтропии пространства состояний как векторной функции скалярного поля эмпирического времени. Введено понятие меры пространства состояний и получено дифференциальное уравнение для меры, представляющей собой потенциальную функцию скалярного поля времени. Проанализированы некоторые направления исследований, которые могут позволить получить новые данные о количественных свойствах времени.*

Ключевые слова: время, свойства и конструкции времени, реляционно-полевая модель.

Введение

Четырехмерное пространство-время, исходя из его представления в виде пространства Минковского, является лишь одной из возможных моделей реальности, причем не самой удачной. Идея пространства-времени приобрела исключительное значение в современной науке, что связано в основном с концептуальными представлениями, которые историческими сложились в физике. Однако, кроме положения в пространстве и скорости движения, объекты окружающего нас мира имеют множество различных наблюдаемых свойств, которые также изменяются в процессах и явлениях, и этот факт следует учитывать при построении конструкций и моделей времени.

Последние годы начинает формироваться новая концепция времени, которая связана с физическими (биологическими, социальными) изменениями в объектах окружающей действительности и в которой принятое нами время по стандартной шкале представляет собой лишь метрическую величину. Эта величина обладает физическим смыслом только в рамках наиболее удобной измеряемой характеристики для изучения динамических процессов, общепринятой по соглашению. Данный вопрос интенсивно дискутируется, однако то, что в течении почти ста лет идея представления времени как четвертого измерения не принесла особого прогресса в понимании природы времени, становится уже распространенным утверждением [1].

Покажем, что в рамках общей теории систем может быть предложена реляционно-полевая модель времени, где время представляет собой сравнительную меру материальных движений и является проявлением множества свойств объектов и происходящих с ними изменений [2, 3]. Таким образом, цель данной статьи – предложить вариант представления времени в виде многомерного скалярного поля некоторой меры наблюдаемых материальных движений. С этой целью мы предполагаем, что для описания материальных движений существует некоторая универсальная величина $W = W(z_1, z_2, ..., z_n)$, которая может быть выражена через параметры свойств объекта (системы) и которая будет тесно связана с эмпирическим временем, которое измеряется часами. Принцип действия часов основан на использовании периодического процесса, который позволяет измерять время по стандартной равномерной шкале. Особо отметим, что данный подход является феноменологическим, исключающим выход за рамки прямого опыта. В этом плане рассматриваем только объекты, процессы и явления, наблюдаемые человеком в окружающей нас реальности, а гипотетические модели движения материальных тел со скоростями, близкими к скорости света, пока из рассмотрения исключаем. Изначально в данной работе делается упор на использование подходов общей теории систем, которые не ограничиваются изучением только физических процессов и явлений.

Понятия и определения

Будем рассматривать объекты и системы различных классов (физические, химические, биологические, социальные и т.д.), которым свойственно многообразие форм материальных движений. В самом общем виде под материальным движением будем подразумевать любое наблюдаемое изменение или взаимодействие объектов между собой и окружающей средой. Особо подчеркиваем, что суть любых движений выражается в изменениях состояний объектов. Исходя из этого, известный афоризм Гераклита «Нельзя дважды войти в одну и ту же реку» образно отражает сущность всех наблюдений, связанных со временем. Любые объекты, процессы и явления необратимо изменяются с течением времени. Даже самые простые циклические процессы, например, ход часов или периодические вспышки света, необратимы и постоянно требуют затрат энергии на поддержание, иначе они закономерно затухают. Из сказанного следует, что в природе невозможно *абсолютно точное и полное* повторение состояний наблюдаемых объектов во времени. Это основное суждение, которое мы априори принимаем за фундаментальное объективное свойство феномена времени.

Примем данные определения и понятия.

Объект (*система*) – совокупность взаимосвязанных элементов, находящихся в отношениях и связях между собой и образующих некоторую целостность, единство. *Класс* объектов (систем) – множество однотипных объектов, обладающих общими свойствами и качественными признаками. *Свойство* – атрибутивная характеристика, которая отражает некоторый существенный и неотъемлемый признак или отличительную особенность объекта. *Параметр* свойства – количественная величина, характеризующая свойство объекта и имеющая числовое значение.

Под *состоянием* объекта (системы) будем подразумевать совокупность его свойств и их текущих значений, которые формируются под действием внешних и внутренних условий в конкретный момент наблюдения за поведением объекта. Считаем также известными все определения для различных свойств материальных объектов: местоположения, направления, длины, площади, формы, объема, массы, плотности, скорости, цвета, упругости, численности, рождаемости, смертности, стоимости и т.д., а также все выработанные обществом методики измерения этих величин.

Введем следующие дополнительные определения, исходя из понятия событий. *Событие* – любой наблюдаемый факт как результат материальных движений, который выражается в изменении состояния объекта (системы) и непосредственно связан с этими изменениями. *Последовательность* событий – последовательный ряд однородных событий, происходящих одно за другим в определенные моменты наблюдения, которые могут быть пронумерованы в нарастающем порядке. Введем также понятие *одновременности* – существование разных событий в один и тот же момент наблюдения за поведением одного или множества объектов. Это позволяет нам использовать понятия раньше и позже для событий, которые характеризуют материальные движения. Будем предполагать, что все изменения состояний объектов отражаются в соответствующих событиях, которые регистрируются в наблюдаемых процессах. Поэтому определим *процесс* как закономерное изменение состояния объекта в последовательные моменты наблюдения, связанное с материальными движениями. Нас, в первую очередь, будут интересовать последовательности однородных событий, которые свойственны определенному классу объектов. Данные последовательности постоянно регистрируются в процессе длительного наблюдения за этими объектами и отражают изменения в их состояниях.

Таким образом, свойства будут являться основными характеристиками состояния объекта, а наблюдаемые последовательности событий – основными характеристиками процесса. Свойства и события в процессе наблюдения отражают в совокупности состояние объекта и все происходящие с ним изменения. При этом считаем, что в любой момент наблюдения состояние объекта однозначно определено значениями всех его параметров z_k (в общем случае n), а совершаемый объектом процесс – регистрируемыми событиями A_j (в общем случае m). Предположим, что при совершении произвольного процесса l, в котором изменяется состояние объекта, параметры свойств всегда измеряемы, а события всегда регистрируемы.

Далее функцией состояния (функцией точки) будем называть величину, значения которой при изменении состояния в наблюдаемом процессе не зависят от процесса перехода объекта из одного состояния в другое и определяются только начальным и конечным состоянием объекта и значением параметров его свойств. В свою очередь, функцией процесса (функцией линии) будем называть величину, значения которой при изменении состояния объекта зависят от того, по какому пути идет процесс. При этом состояния объектов будут изображаться точками многомерного пространства, а процессы изменения состояния – линиями этого пространства.

Опытные факты

Идею создания реляционно-полевой модели представления времени свяжем с опытным фактом существования возможности измерения времени. Данное положение состоит в том, что когда за произвольным объектом ведется полное наблюдение, то можно говорить, что в заданный момент времени имеется информация обо всех значениях параметров его свойств. При этом наблюдение значения свойства в заданный момент времени можно рассматривать как исход опыта в виде простого регистрируемого события, одновременное наблюдение нескольких значений различных свойств – как совместное событие.

Для множества существующих и одновременно наблюдаемых объектов этот факт можно представить в виде соотношений:

$$\begin{aligned} &\tau \Rightarrow \left\{ z_1^{(1)},\ z_2^{(1)},\ \ldots, z_n^{(1)} \right\}; \\ &\tau \Rightarrow \left\{ z_1^{(2)},\ z_2^{(2)},\ \ldots, z_n^{(2)} \right\}; \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ &\tau \Rightarrow \left\{ z_1^{(p)},\ z_2^{(p)},\ \ldots, z_n^{(p)} \right\}, \end{aligned} \qquad (1)$$

где $z_k^{(q)}$ – k-ый параметр свойства q-ого объекта, τ – момент времени наблюдения за объектами, p – количество объектов. Данное соотношение справедливо для любого объекта и любого момента времени, как прошлого, так и настоящего, при условии, что исходные данные о состоянии объекта собирались и накапливались в процессе наблюдения или опыта. Следует особо отметить, что соотношение (1) справедливо для объектов и систем любой природы. Ранее мы исключили варианты, когда одни и те же значения свойств объекта абсолютно точно могут наблюдаться для разных времен τ_1 и τ_2. При этом соотношение (1) нельзя будет описать однозначной функцией, поэтому такие случаи не рассматриваются, так как это противоречит свойству необратимости времени.

Соотношение (1) вводит логическое отношение между объектами, из которого следует, что в любой момент наблюдения состояние объекта 1 наблюдается одновременно с состоянием объектов 2, 3 и так далее по всем p объектам. Это же можно сказать и о каждом свойстве объектов. В целом это строгое отношение порядка, вытекающее из отношения одновременности, которое удовлетворяет свойствам рефлексивности, транзитивности и симметричности, т.е. является отношением эквивалентности. Факт существования соотношения (1) подтверждается множеством опытных данных по измерениям времени.

Если один из наблюдаемых p объектов использовать как часы и рассматривать значение τ как измеренное время, то условие одновременности наблюдения означает, что всем объектам в каждый момент наблюдения ставится в соответствие некоторое одинаковое значение времени, определенное в соответствии со стандартизированной системой его измерения. Данная система включает в себя часы как устройство для определения времени, реализующее регулярный физический процесс, шкалу и единицу измерения времени, а также общепринятые процедуры и методы измерения времени. Прием условие существования возможности измерения времени как эмпирический факт, который подтверждается опытом и практикой человечества.

Исходя из этого, назовем *эмпирическим временем* τ установленную опытным путем сравнительную меру одновременности событий для процессов материальных движений различных объектов. В зависимости от того, какой объект и реализуемый им регулярный или периодический процесс будет принят в качестве часов, может существовать несколько различных шкал измерения времени. Далее будем использовать атомную шкалу времени. Измерения времени в данной шкале связаны с применением физического процесса, использующего факт периодического излучения атома изотопа цезия 133. Сегодня атомная шкала является основной шкалой измерения времени в практической деятельности человека.

Следующим опытным фактом является то, что очень часто один и тот же процесс изменения состояния объекта в зависимости от внешних и внутренних условий может протекать с различной интенсивностью. Для любого объекта и любого его свойства мы всегда можем определить скорость процесса, связанного с материальными движениями. Поэтому, исходя из опытных данных, для q-того объекта в любом наблюдаемом процессе l_z изменения параметра свойства z_k можно задать скорость процесса, которая не обязательно будет постоянной:

$$c_{z_k^{(q)}} = \left(\frac{dz_k^{(q)}}{d\tau} \right)_{l_z}. \qquad (2)$$

Возможность определения в опыте величины $c_{z_k^{(q)}}$ приводит к обобщенному феноменологическому наблюдению. Этот важный опытный факт, вытекающий из практики человека, связан с ходом времени, о котором мы образно говорим, что «время течет». Ход времени приводит к тому, что наблюдаемые события настоящего становятся событиями прошлого, а произошедшие события прошлого отодвигаются еще глубже во времени. Сегодня практически во всех физических моделях времени данный опытный факт никак не учитывается. Для того, чтобы показать течение измеряемого нами времени необходимо задать некоторую величину, систему отсчета, реальную или абстрактную среду, по отношению к чему можно было бы показать необратимое течение времени. Для каждого определенного класса объектов подобная величина (среда) должна формироваться из опыта. Поэтому, чтобы учесть факт течения времени и возможность задания в совокупности скорости изменения параметров свойств в произвольном процессе, следует использовать гипотезу о существовании некоторой величины W, которая тесно связана с течением эмпирического времени и однозначно характеризует процессы материальных движений для данного класса (классов) объектов. По аналогии с логикой построения термодинамики, где есть понятие количества теплоты, назовем данную величину *количеством материального воздействия* (количество воздействия) и будем считать, что эта величина комплексно связана с изменениями в состоянии объектов при осуществлении различных процессов. Также по аналогии с термодинамикой [4, 5] и системодинамикой [2, 3], для любого процесса l эмпирические уравнения, связывающие величину количества воздействия W с эмпирическим временем τ, представим в виде:

$$c_l = \left(\frac{dW}{d\tau}\right)_l . \quad (3)$$

В каждом конкретном случае по опытным данным необходима проверка гипотезы существования величины W, которая характеризует данный род материального движения, а также разработка системы измерения или оценки данной величины. Отметим, что это не простая задача, требующая накопления множества опытных данных. Однако, только после этого и при наличии системы оценки величины W для определенного рода материального движения, можно говорить о возможном определении величин c_l, которые будут отражать темпоральную интенсивность разных процессов в различных условиях и которые являются феноменологическими величинами.

Аксиоматика изложения теории

Рассмотрим некоторую реальную область трехмерного пространства, где расположено множество объектов различных классов, число которых равно p и которые находятся в отношениях и связях между собой. Исходя из феноменологического подхода, считаем, что все объекты наблюдаемы в опыте, который является единственно возможной основой для создания и проверки теорий. Для упрощения будем считать, что изучаемое множество объектов счетное, причем каждый объект может иметь признак, отличающий его от других объектов. Данный признак будем обозначать в виде верхнего индекса в скобках, который будет представлять номер объекта. Пусть каждое состояние любого объекта в самом общем случае характеризуется n независимыми переменными $z_1, z_2, ..., z_n$, причем область определения для каждой переменной распространяется на всю положительную числовую ось $z_k(0, \infty)$, а для значений переменных системы измерения стандартизованы. Начало отсчета координат выбирается так, чтобы соответствовать нулевым значениям параметров свойств.

Рассматриваем существование объектов только в материальных движениях (состояния объектов должны изменяться в процессах с течением времени), причем подчеркиваем, что мы пока изучаем преимущественно естественные (самопроизвольные) процессы, связанные с изменением и развитием объектов. Состояния наблюдаемых объектов различных классов могут характеризоваться или всеми переменными z_k сразу или только некоторыми из них, причем каждая переменная отражает некоторое атрибутивное свойство изучаемых объектов. При этом, в частном случае, координаты объектов, определяющие их положение в трехмерном пространстве, также могут являться параметрами свойств, которые характеризуют местоположение объекта.

Построим абстрактную среду моделирования в виде пространства координат Ω, где координатные оси соответствуют независимым переменным $z_1, z_2, ..., z_n$. Пусть в пространстве Ω имеется замкнутая область Ω_n некоторого множества точек M. Область Ω_n будем называть наблюдаемым пространством состояний изучаемого множества объектов. Процесс абстрактного моделирования, в отличие от процесса наблюдения, мы можем соотносить с бесконечным количеством объектов и их состояний, поэтому считаем, что точки M непрерывно заполняют область Ω_n. Таким образом, Ω_n будем рассматривать как многомерное пространство точек M, каждая из которых соответствует определенному состоянию некоторого объекта, не обязательно наблюдаемого в реальности в опыте. Другими словами, в области Ω_n существует бесконечное множество состояний для некоторой генеральной совокупности объектов.

Так как в опыте мы рассматриваем ограниченное количество объектов, равное числу p, то на начало наблюдений в области Ω_n мы можем отобразить p точек $M^{(q)}$, каждая из которых соответствует состоянию определенного q-того наблюдаемого объекта. Многомерные наблюдаемые точки являются ограниченной выборкой из данной генеральной совокупности. Любой объект осуществлял некоторый процесс материального движения из прошлого в настоящее, поэтому с течением эмпирического времени τ каждая точка $M^{(q)}$ описывает многомерную кривую. Назовем эту кривую в многомерном пространстве по аналогии со специальной теорией относительности *мировой линией*. Тогда каждому объекту будет соответствовать своя мировая линия. Кроме того, классу объектов будет соответствовать свой спектр мировых линий. Каждой линии, а также всему спектру линий в целом будут соответствовать последовательности событий, отражающие эволюционные изменения в объектах. Каждое событие в определенный момент наблюдения может быть привязано к заданной точке $M^{(q)}$, которая лежит на соответствующей мировой линии q-того наблюдаемого объекта. Последовательности однородных событий также будут привязаны к мировым линиям. Отметим, что мы будем пока рассматривать только наблюдаемые участки мировых линий, идущие из прошлого в настоящее. Таким образом, мировые линии отражают реализованные с течением времени процессы, характерные для данных объектов.

Хотя определение параметров свойств изучаемых объектов чаще всего осуществляется дискретно в заданные моменты наблюдения, однако, исходя из логики постановки задачи, будем считать, что мировые линии объектов непрерывны. Также условимся рассматривать непрерывное пространство состояний, хотя, как утверждал Фальк, множества состояний не обязательно должны быть непрерывными и, в принципе, могут состоять из конечного числа состояний, которые свойственны различным классам объектов [6].

Свойство необратимости времени и факты наблюдения существующих объектов во времени закономерно приводят к представлениям о непрерывности мировых линий. Данные линии не имеют особых и кратных точек. Первый случай характеризуется тем, что для мировой линии производные всех параметров свойств по времени одновременно равны нулю, второй случай – тем, что одна и та же точка M может отвечать двум и более значениям эмпирического времени τ. Однако, отметим, что вполне возможны случаи, когда мировые линии объектов имеют начало и конец, например, рождение (появление) и смерть (исчезновение) объекта. Эти точки могут быть особыми.

Аксиоматическое изложение теории будем основывать на постулировании существования многомерного поля эмпирического времени. Исходя из этого, каждой точке $M(z_1, z_2, ..., z_n)$ пространства состояний Ω_n поставим в соответствие значение времени τ. Это позволяет ввести аксиомы для эмпирического времени и возможности его скалярного представления в каждой точке пространства Ω_n.

1. Пусть в пространстве состояний Ω_n каждой точке M поставлено в соответствие действительное положительное число τ, которое будем называть эмпирическим временем.

2. Величина $\tau(M)$ является функцией точки и образует скалярное поле, которое является непрерывным и упорядоченным в области Ω_n.

Данные аксиомы отражают опытные факты, которые сегодня связаны с понятием времени и возможностью его измерения. Так как эмпирическое время является функцией точки, то скалярное поле величины $\tau(M)$ представляет собой поле, через каждую точку M которого в пространстве состояний Ω_n проходит только одна поверхность уровня. Во всех точках поверхности уровня значение величины τ является одинаковым и все события привязанные к точкам этой поверхности – одновременны. Это следует из того, что один и тот же объект с одинаковыми параметрами свойств не может находиться в двух временах одновременно. Таким образом, из данной модели следует, что когда протекает процесс (изменяются свойства объекта), то при возрастании эмпирического времени должен изменяться, как минимум, хотя бы один параметр свойства объекта.

Исходя из последовательности регулярных событий часов, все поверхности уровня могут быть пронумерованы в нарастающем порядке – каждой поверхности уровня может быть присвоено значение величины τ, которое возрастает с течением эмпирического времени. Поэтому, в определенной области пространства Ω_n наблюдения, выполненные в шкале эмпирического времени, «присваивают» всем поверхностям уровня определенные значения величины τ, в зависимости от последовательности однородных событий, которые генерируются в часах. Таким образом, линию процесса часов в пространстве Ω_n

условно можно рассматривать как мировую линию, которая является «эталоном» для всех мировых линий. Другими словами, текущие значения величины τ в шкале времени *упорядочивают* поверхности уровня. Тем самым, в определенной и достаточно узкой области пространства Ω_n, задается однородное и равномерное течение времени, исходя из мировой линии часов, которая пересекает все поверхности уровня скалярного поля времени. В данной области в качестве модели вводится абсолютное время Ньютона в виде равномерной и непрерывной шкалы. На данной шкале нет опорных точек, начало отсчета выбирается произвольно, исходя из начала момента наблюдения, единица измерения времени принимается на основе соглашения, мгновение на шкале представляется геометрической точкой. Таким образом, данная шкала абсолютного времени является общепринятой шкалой интервалов и она свойственна только узкой области пространства состояний Ω_n.

Все сказанное выше абсолютно не значит, что подобное течение времени характерно для всего наблюдаемого пространства состояний, так как многомерные поверхности уровня в области пространства Ω_n могут иметь сложную, однако упорядоченную, структуру. В зависимости от особенностей объектов, спектры мировых линий в различных областях пространства могут иметь свои закономерности относительно эмпирического времени, однако неуклонное возрастание (необратимость) времени – это фундаментальная особенность для всех поверхностей уровня и всех мировых линий. Таким образом, мы рассматриваем только определенный (и достаточно узкий) класс многомерных геометрических пространств, которые могут быть упорядочены временем.

Различные процессы, которые возможны между некоторым произвольным состоянием M и любым другим близлежащим состоянием в области Ω_n, свойственным мировой линии некоторого объекта, будут отличаться между собой по интенсивности осуществления материальных движений. Для того, чтобы логически обосновать возможность осуществления процессов как непрерывного перехода между двумя ближайшими состояниями любого объекта, при построении модели времени необходимо введение новых аксиом.

Исходя из этого, рассмотрим функцию количества материального движения, которую представим в виде $W = W(z_1, z_2, ..., z_n)$. Предположим, что функция W существует и пока не будем останавливаться на природе этой величины. Просто считаем, что имеется однозначная связь данной величины с фактами наблюдений или опыта, которые отражают результаты материальных движений, связанных с изменениями состояний объектов определенного класса. Также мы вполне можем предложить некоторую систему измерения или оценки этой величины. Данная функция, наряду с эмпирическим временем, также будет отражать особенности осуществления процессов в окрестности любого состояния и характеризовать интенсивность воздействий при изменении состояний объектов во времени.

Изложим аксиомы, связанные с количеством материального движения, в виде.

3. Пусть в пространстве состояний системы Ω_n каждой точке M одновременно с эмпирическим временем τ поставлено в соответствие множество действительных чисел c_l, которые будем называть темпоральностями процессов изменения состояния объектов и которые определяются из опыта.

4. Величины c_l являются функциями процесса. Если в окрестности любой точки M объект осуществляет некоторый процесс материального движения l, то для линии процесса (отрезка мировой линии) l справедливо соотношение $dW = c_l \cdot d\tau$, причем величину W определим как количество материального воздействия, которое комплексно характеризует интенсивность процессов при изменении состояния объекта во времени. Для величины W может быть предложены система измерения или оценки.

В целом, на абстрактном уровне предварительное вербальное описание реляционно-полевой модели времени завершено. Целью описания являлся учет при создании модели некоторых основных свойств времени. Введя понятие одновременности и абстрактно связав его с поверхностью уровня поля эмпирического времени, которой в момент времени τ соответствуют наблюдаемые свойства объектов и соответствующие регистрируемые события, мы, тем самым, обеспечили формализацию понятий «раньше» и «позже». Так как можно пронумеровать поверхности уровня эмпирического времени в нарастающем порядке с помощью стандартной шкалы часов, то тем самым учтено свойство времени, связанное с его способностью упорядочивать события. Свойство течения времени было учтено введением особой величины, по отношению к которой можно отразить интенсивность процессов, а также становление событий во времени. Поэтому количество воздействия связано с эмпирическим временем через темпоральности процессов, которые являются феноменологическими величинами.

Аверин Г.В.
Донецкий национальный технический университет

Необходимость этого связана с тем, что течение времени нельзя смоделировать по отношению к самому себе. Универсальность времени отражена представлением мировых линий объектов любой природы в общем наблюдаемом пространстве состояний. Свойство необратимости времени обеспечено тем, что мировые линии объектов строго формируются только в порядке возрастания эмпирического времени, и ни один объект не может наблюдаться одновременно в двух и более временах. Неоднородность поля времени (неравномерность его течения) в разных областях пространства Ω_n может быть определена особенностями поверхностей уровня для спектров мировых линий объектов различной природы. Отсюда следует, что шкал эмпирического времени может быть множество, т.к. их построение для разных спектров мировых линий может быть основано на различных последовательностях событий, которые свойственны изучаемым объектам при осуществлении характерных для этих объектов процессов и явлений.

Теперь для построения реляционно-полевой модели представления времени используем гипотезу, что скалярное поле эмпирического времени может быть аналитически описано в окрестности произвольной точки M. Будем считать, что вблизи точки M осуществляется процесс изменения состояния некоторого объекта. Для задания скалярного поля эмпирического времени $\tau = \tau(M)$ как функции независимых переменных $z_1, z_2, ..., z_n$ необходимо определить функцию точки в виде аналитического выражения. Предположим, что в окрестности любой точки скалярное поле эмпирического времени может быть с достаточной точностью приближено аналитической функцией вида $\tau(M) = t(z_1, z_2, ..., z_n)$. Функцию $t(z_1, z_2, ..., z_n)$ при разработке модели следует задать на основе эмпирических данных или тех или иных теоретических предположений.

В настоящее время в области опытного изучения свойств времени практически отсутствуют базовые феноменологические закономерности, которые могли бы иметь общесистемный смысл и позволяли бы обобщать опытные данные на уровне зависимостей. Поэтому выбор функций $t = t(z_1, z_2, ..., z_n)$ может осуществляться исходя из имеющихся представлений об осуществлении различных процессов движения или из существующих гипотез и обобщений опытных фактов в специальной теории относительности, термодинамике, системодинамике, различных описательных науках и т.д. Естественно, что разные виды функций $t = t(z_1, z_2, ..., z_n)$ могут соответствовать объектам, процессам и явлениям различной природы, а также различным областям пространства Ω_n. В данном случае, чтобы сузить область исследований, будем использовать функции $t = t(z_1, z_2, ..., z_n)$, которые входят в класс однородных аналитических функций и широко используются во многих теоретических областях естествознания.

Определим аналитическую функцию $t = t(z_1, z_2, ..., z_n)$ как некоторый *абсолютный индекс* пространства состояний Ω_n (или области этого пространства). Основное отличие скалярного поля эмпирического времени $\tau(M)$ от индекса $t = t(z_1, z_2, ..., z_n)$ состоит в том, что скалярное поле $\tau(M)$ не связано с выбором системы координат, а функция $t(z_1, z_2, ..., z_n)$ связана с выбором координатных осей для независимых переменных $z_1, z_2, ..., z_n$.

Известно, что любая однородная функция может быть представлена в виде [7]:

$$\beta \cdot t(z_1, ..., z_n) = z_1 \cdot \frac{\partial t}{\partial z_1} + ... + z_n \cdot \frac{\partial t}{\partial z_n}, \qquad (4)$$

где β – степень однородности функции t. С учетом зависимостей (2) – (3) и аксиомы 4 получим уравнение:

$$\frac{z_1}{\beta \cdot c_1} \cdot \frac{\partial W}{\partial z_1} + \frac{z_2}{\beta \cdot c_2} \cdot \frac{\partial W}{\partial z_2} + ... + \frac{z_n}{\beta \cdot c_n} \cdot \frac{\partial W}{\partial z_n} = ...$$

$$... = t(z_1, ..., z_n). \qquad (5)$$

При выводе уравнения (5) с учетом (3) и зависимости $\tau(M) = t(z_1, z_2, ..., z_n)$ принято, что

$$\frac{\partial W}{\partial z_1} = c_1 \frac{\partial t}{\partial z_1}, \ ..., \ \frac{\partial W}{\partial z_n} = c_n \frac{\partial t}{\partial z_n}.$$

Характеристики квазилинейного уравнения в частных производных первого порядка (5) определяются системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\beta \cdot c_1 \frac{dz_1}{z_1} = \beta \cdot c_2 \frac{dz_2}{z_2} = ... = \beta \cdot c_n \frac{dz_n}{z_n} = ...$$

$$... = \frac{dW}{t} = ds. \qquad (6)$$

В свою очередь, уравнение Пфаффа для соотношения (5) будет иметь вид:

$$\frac{z_1}{c_1} dz_1 + \frac{z_2}{c_2} dz_2 + ... + \frac{z_n}{c_n} dz_n + \beta \cdot t \cdot dW = 0. \qquad (7)$$

Для того, чтобы решить поставленную задачу необходимо найти или задать вид абсолютного индекса $t(z_1, z_2, ..., z_n)$, далее для разных условий определить функцию $W = W(z_1, z_2, ..., z_n)$, разработать систему измерения величины W для определенных спектров мировых линий и потом по опытным данным идентифицировать модель.

Здесь возможны различные подходы, связанные с созданием различных моделей описания абсолютного индекса.

Вероятностная среда моделирования времени

Будем считать, что модельное представление времени может быть связано с вероятностями наблюдаемых событий, которые отражают эволюцию объектов и характеризуют процессы, свойственные мировым линиям объектов. Тогда введем в рассмотрение величину t, которая зависит от геометрической вероятности точки многомерного пространства. Распространив зависимость для индекса t на всю область изменения величины, получим:

$$t = \alpha_t \frac{z_1 \cdot z_2 \cdot \ldots \cdot z_n}{R}, \tag{8}$$

где $R = z_{10} \cdot z_{20} \cdot \ldots \cdot z_{n0}$, α_t – постоянная шкалирования, $z_{10}, \ldots, z_{n0}$ – параметры опорного состояния, например, максимально наблюдаемые параметры свойств. Теперь в окрестности любой точки M свяжем количество воздействия W теоретической линейной зависимостью со статистической вероятностью w событий, наиболее характерных для мировой линии или спектра мировых линий. В этом случае будем иметь:

$$W = \alpha_w \cdot \frac{w}{w_0}, \tag{9}$$

где w_0 – вероятность наблюдаемых событий для условий принятого опорного состояния; α_w – некоторый коэффициент пропорциональности между величинами W и w, позволяющий ввести единицу измерений.

Проведя простые преобразования, получим из (6) характеристическую функцию, которую определим как энтропию пространства состояний:

$$s - s_0 = c_1 \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_{10}}\right) + c_2 \cdot \ln\left(\frac{z_2}{z_{20}}\right) + \ldots + c_n \cdot \ln\left(\frac{z_n}{z_{n0}}\right), \tag{10}$$

где s_0 – постоянная. Для данного вида функции t степень однородности β равна n.

При значении изменения величины $dW = 0$ из уравнения (7) может быть определена математическая функция U, которую далее будем называть мерой пространства состояний Ω_n:

$$U(z_1, z_2, \ldots, z_n) - U_0 = \frac{1}{2}\left(\frac{z_1^2 - z_{10}^2}{c_1} + \frac{z_2^2 - z_{20}^2}{c_2} + \ldots + \frac{z_n^2 - z_{n0}^2}{c_n}\right). \tag{11}$$

Таким образом, в вероятностной среде моделирования времени для любой мировой линии объекта при возможности представления ее в параметрическом виде относительно параметров свойств $z_1 = z_1(\tau)$, $z_2 = z_2(\tau)$, …, $z_n = z_n(\tau)$ и заданного представления эмпирического времени через абсолютный индекс, уравнение (5) может быть решено.

Подход, связанный с созданием вероятностной среды моделирования, широко применяется в термодинамике. Для этого случая величина W является количеством теплоты, абсолютный индекс t – это абсолютная температура, величина τ является эмпирической температурой, а величины c_l – это теплоемкости. Для количества теплоты и температур построены системы измерения этих величин в опыте. Экспериментальные данные позволяют определить по изменениям количества теплоты и температуры значения теплоемкостей c_l для различных термодинамических процессов.

В темпорологии существует общепринятая система измерения эмпирического времени, однако полностью отсутствует система измерения (определения) количества материального воздействия.

Такую систему измерений для различных спектров мировых линий объектов следует разработать. В качестве примера, одна из возможных методик определения величины W по базе данных развития стран мира была предложена в работах [2, 3]. Суть метода заключается в поиске уравнений связи количества воздействия согласно (9) с параметрами свойств вида

$$\ln(W) = c_0 + c_1 \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_{10}}\right) + \ldots + c_n \cdot \ln\left(\frac{z_n}{z_{n0}}\right) \text{ или}$$

$$\Pr ob(w) = c_0 + c_1 \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_{10}}\right) + \ldots + c_n \cdot \ln\left(\frac{z_n}{z_{n0}}\right), \tag{12}$$

где $\Pr ob$ – функция пробита, которая является инверсной функцией нормального распределения со средним равным нулю и дисперсией равной единице.

На основе опытных данных этот метод позволяет получить зависимости в виде аналогов уравнения Больцмана в статистической термодинамике $s = f(W)$, которые будут связывать вероятности статистических событий с энтропией пространства состояний.

Подобный подход может быть реализован для различных спектров мировых линий объектов (физической, биологической или социальной природы) при наличии соответствующих баз данных их изменения и развития во времени.

Геометрическая среда моделирования времени

Несколько иные результаты могут быть получены, если рассматривать многомерное пространство Ω_n, как геометрическое пространство. Будем считать, что многомерное пространство состояний Ω_n эвклидово. Тогда введем в рассмотрение величину t, которую также назовем абсолютным индексом пространства состояний:

$$t = z_1^2 + z_2^2 + ... + z_n^2, \qquad (13)$$

где степень однородности β равна двум.

Если составить характеристики для уравнения (5), то получим энтропию пространства состояний:

$$s - s_0 = \frac{2}{n}\left(c_1 \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_{10}}\right) + c_2 \cdot \ln\left(\frac{z_2}{z_{20}}\right) + \right.$$

$$\left. + ... + c_n \cdot \ln\left(\frac{z_n}{z_{n0}}\right)\right), \qquad (14)$$

а меру пространства состояний можно представить в виде:

$$U(z_1, z_2, ..., z_n) - U_0 = \frac{1}{2}\left(\frac{z_1^2 - z_{10}^2}{c_1} + \frac{z_2^2 - z_{20}^2}{c_2} + \right.$$

$$\left. + ... + \frac{z_n^2 - z_{n0}^2}{c_n} \right). \qquad (15)$$

где s_0, U_0, $z_{10}, \ldots, z_{n0}$ – параметры опорного состояния.

Подход, связанный с созданием геометрической среды моделирования, применяется в специальной теории относительности. В этом случае переменные z_1, z_2, z_3 – координаты трехмерного пространства; абсолютный индекс t – это квадрат инварианта пространственного интервала, равный $t = c^2 \cdot \tau^2$; τ – время; $c = c_1 = c_2 = c_3$ – скорость света.

В данном случае также является актуальным разработка системы измерений основных величин для различных спектров мировых линий, что является отдельной актуальной задачей.

Среда моделирования времени на основе мультипликативных функций

Пусть модельное представление времени связано с абсолютным индексом t, который представляется в виде произведений функций, зависящих от параметров свойств $t = \varphi_1(z_1) \cdot \varphi_2(z_2) \cdot ... \cdot \varphi_n(z_n)$. Образованный таким образом индекс t только в частных случаях будет однородной функцией, поэтому используем другой метод вывода соотношений.

В процессе изменения состояния объекта элементарное количество воздействия можно представить в виде:

$$dW = \left(\frac{\partial W}{\partial t}\right)_1 \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial z_1}\right) dz_1 + \left(\frac{\partial W}{\partial t}\right)_2 \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial z_2}\right) dz_2 + ...$$

$$... + \left(\frac{\partial W}{\partial t}\right)_n \cdot \left(\frac{\partial t}{\partial z_n}\right) dz_n \quad \text{или} \qquad (16)$$

$$dW = c_1 \left(\frac{\partial t}{\partial z_1}\right) dz_1 + c_2 \left(\frac{\partial t}{\partial z_2}\right) dz_2 + ... + c_n \left(\frac{\partial t}{\partial z_n}\right) dz_n$$

Для решения поставленной задачи сформулируем следующую лемму.

Пусть задано уравнение Пфаффа вида (16) и пусть известно, что в любой окрестности любой точки M пространства состояний системы Ω_n абсолютный индекс $t = t(z_1, z_2, ..., z_n)$ может быть представлен в виде произведения функций, зависящих от параметров свойств $t = \varphi_1(z_1) \cdot \varphi_2(z_2) \cdot ... \cdot \varphi_n(z_n)$. Тогда для уравнения (16) обязательно существует интегрирующий делитель, который обращает данное уравнение в полный дифференциал.

Покажем, что интегрирующим делителем уравнения (16) будет функция абсолютного индекса $t = \varphi_1(z_1) \cdot \varphi_2(z_2) \cdot ... \cdot \varphi_n(z_n)$. Подставив данную функцию в (16) и деля это уравнение на t, получим:

$$ds = \frac{dW}{t} = c_1 \cdot \frac{\varphi_1'(z_1)}{\varphi_1(z_1)} dz_1 + c_2 \cdot \frac{\varphi_2'(z_2)}{\varphi_2(z_2)} dz_2 + ...$$

$$... + c_n \cdot \frac{\varphi_n'(z_n)}{\varphi_n(z_n)} dz_n . \qquad (17)$$

Интегрируя уравнение (17), представим общий интеграл в виде:

$$s - s_0 = c_1 \cdot \ln\left(\varphi_1\left(\frac{z_1}{z_{10}}\right)\right) + c_2 \cdot \ln\left(\varphi_2\left(\frac{z_2}{z_{20}}\right)\right) + ...$$

$$... + c_n \cdot \ln\left(\varphi_n\left(\frac{z_n}{z_{n0}}\right)\right). \qquad (18)$$

где s_0, $z_{10}, \ldots, z_{n0}$ – параметры опорного состояния. Далее можно получить меру пространства состояний в обычном виде.

Подход, связанный с созданием мультипликативной среды моделирования, широко применяется в теории сплошных сред при решении краевых задач.

Таким образом, принцип существования энтропии и меры пространства состояний является следствием постулирования существования поля эмпирического времени. Данный принцип самым тесным образом связан с гипотезой приближения поля эмпирического времени в окрестности любой точки M аналитической функцией заданного вида, а также с опытным фактом возможности определения темпоральностей для процессов изменения состояния объектов. Этим определяется область применения данных положений, причем вид и особенности скалярного поля эмпирической времени, которые являются результатом опыта, будут определять особенности реализации процессов в пространстве состояний Ω_n.

Вектор эволюции и мера пространства состояний

Теперь рассмотрим пространство состояний $(n+1)$-размерности вида $\Omega_{n+1}\{z_1, z_2, ..., z_n, W\}$. Согласно уравнения Пфаффа (7) в пространстве состояний Ω_{n+1} в каждой точке $M(z_1, z_2, ..., z_n, W)$ существует некоторое поле направлений, порожденное скалярным полем времени – векторное поле $\mathbf{\Gamma}(z_1, z_2, ..., z_n, W)$, которое имеет вид [8]:

$$\mathbf{\Gamma}(z_1, z_2, ..., z_n, W) = \frac{z_1}{\beta \cdot c_1} \cdot \mathbf{e}_1 + \frac{z_2}{\beta \cdot c_2} \cdot \mathbf{e}_2 + + ... + \frac{z_n}{\beta \cdot c_n} \cdot \mathbf{e}_n + t \cdot \mathbf{e}_{n+1}, \quad (19)$$

где $\mathbf{e}_k$ – единичные векторы, направленные соответственно по осям координат $\{z_1, z_2, ..., z_n, W\}$ пространства состояний Ω_{n+1}.

Определим вектор $\mathbf{\Gamma}$ как *вектор эволюции* объектов, который характеризует наиболее вероятные направления материальных движений в рассматриваемом пространстве состояний. Направление поля $\mathbf{\Gamma}$ в каждой точке M пространства состояний Ω_{n+1} совпадает с направлением касательной к векторной линии энтропии (6), проходящей через точку M. Поэтому геометрическое представление о материальных движениях в пространстве состояний будем связывать с векторными линиями энтропии.

Исходя из понятий теории поля, совокупность всех линий энтропии в потоке вектора $\mathbf{\Gamma}$ определим как спектр линий энтропии. Спектр линий энтропии дает представление об изменении количества воздействия, являясь как бы отображением мгновенного состояния эволюционных изменений объектов. Если провести все векторные линии, проходящие через точки некоторого куска поверхности S, то их совокупность даст векторную трубку энтропии. Подобное представление вектора эволюции в пространстве состояний Ω_{n+1} при анализе процессов материальных движений позволяет применить известные уравнения теории поля.

Выделяя в векторном поле произвольный объем V, ограниченный поверхностью S с направлением нормали $\mathbf{n}$ к этой поверхности, получим согласно формулы Остроградского, что объемный интеграл от расходимости поля $(div\ \mathbf{\Gamma})$ равен потоку поля $\left(\iint\limits_{(S)} \Gamma_n dS\right)$ через поверхность этого объема:

$$\iiint\limits_{(V)} div\ \mathbf{\Gamma}\, dV = \iint\limits_{(S)} \Gamma_n\, dS. \quad (20)$$

В свою очередь, выделяя в векторном поле некоторый замкнутый контур l, который ограничивает поверхность S, получим согласно формулы Стокса, что циркуляция вектора $\mathbf{\Gamma}$ вдоль этого контура $\left(\int\limits_{(l)} \Gamma_\varepsilon d\varepsilon\right)$ равна потоку вихря $\left(\iint\limits_{(S)} rot_n\, \mathbf{\Gamma}\, dS\right)$ через поверхность S:

$$\int\limits_{(l)} \Gamma_\varepsilon\, d\varepsilon = \iint\limits_{(S)} rot_n\ \mathbf{\Gamma} dS. \quad (21)$$

Здесь $d\varepsilon$ – направленный элемент дуги контура l, рассматриваемый как малый вектор.

Вектор эволюции можно рассматривать как некоторую «стрелу времени», которая определяет для изучаемого класса объектов направление естественных процессов в наблюдаемом пространстве состояний.

Теперь рассмотрим задачу о нахождении семейства поверхностей, ортогональных к линиям энтропии s вектора эволюции $\mathbf{\Gamma}$. Известно, что уравнение таких поверхностей определяется из скалярного произведения $(\mathbf{\Gamma} \cdot \mathbf{r}) = 0$, где $\mathbf{r} = \mathbf{e}_1 \cdot dz_1 + \mathbf{e}_2 \cdot dz_2 + ... + \mathbf{e}_{n+1} \cdot dW$ – вектор, лежащий в касательной плоскости к исходной поверхности. Это уравнение приводит к полученному ранее соотношению (7), которое является уравнением Пфаффа.

Легко показать, что уравнение (7) может приводиться к полному дифференциалу, если в окрестности точки M между величинами W и t существует функциональная связь $W = f(t)$. Для различных областей пространства состояний подобная связь должна устанавливаться на основе опытных данных и относиться к феноменологическим закономерностям определенных спектров мировых линий. Таким образом, в случае наличия подобных связей поле вектора эволюции будет являться потенциальным полем. В случае, если такие связи отсутствуют, то потенциальность поля вектора эволюции будет нарушаться, поэтому можно говорить об искривлении поля вектора эволюции.

При получении зависимостей (11) и (15) уже упоминалось понятие меры пространства состояний, которое выражается через параметры свойств системы.

Введем понятие меры как характеристической функции пространства состояний, которая тесным образом связана с энтропией пространства состояний. Подойдем к определению меры пространства состояний как некоторой n-мерной поверхности, на которой изменение параметров свойств объектов происходит при постоянном значении количества материального воздействия. Геометрически данная поверхность является адиабатической и ортогональна векторным линиям энтропии, которые определяются уравнениями (6).

Для рассматриваемого адиабатического случая изменение энтропии состояния и изменение количества материального движения равны нулю $ds = 0$, $dW = 0$. В результате этого с учетом (7) приходим к простому уравнению Пфаффа в n-мерном пространстве свойств вида:

$$\frac{z_1}{c_1}dz_1 + \frac{z_2}{c_2}dz_2 + ... + \frac{z_n}{c_n}dz_n = 0 . \qquad (22)$$

Данному уравнению в пространстве Ω_n соответствует n-мерная проекция вектора эволюции в виде векторного поля:

$$\mathbf{\Gamma}_z(z_1, z_2, ..., z_n) = \frac{z_1}{c_1}\cdot \mathbf{e}_1 + \frac{z_2}{c_2}\cdot \mathbf{e}_2 + ... + \frac{z_n}{c_n}\cdot \mathbf{e}_n . \qquad (23)$$

Пфаффова форма, стоящая в левой части уравнения Пфаффа (22), при постоянных величинах c_k в окрестности точки M является полным дифференциалом, поэтому уравнение (22) может быть преобразовано в виде:

$$dU = d\left(\frac{z_1^2}{2\cdot c_1} + \frac{z_2^2}{2\cdot c_2} + ... + \frac{z_n^2}{2\cdot c_n}\right) = 0 ; \qquad (24)$$

$$U(z_1, z_2, ..., z_n) = -\frac{1}{2}\left(\frac{z_{1,\max}^2 - z_1^2}{c_1} + \frac{z_{2,\max}^2 - z_2^2}{c_2} + .. \right.$$

$$\left. ... + \frac{z_{n,\max}^2 - z_n^2}{c_n}\right). \qquad (25)$$

Здесь принято, что значение $U(z_{1,\max}, z_{2,\max}, ..., z_{n,\max}) = 0$. Уравнение $U(z_1, z_2, ..., z_n) = C$ согласно (22) представляет поверхность в n-мерном пространстве состояний Ω_n и, следовательно, решениям уравнения Пфаффа (22) соответствует потенциальное семейство поверхностей, ортогональных векторным линиям энтропии s. Так как поле $\mathbf{\Gamma}_z$ является потенциальным, то имеем зависимости, которые вытекают из соотношения (25):

$$\mathbf{\Gamma}_z(z_1, z_2, ..., z_n) = grad(U), \text{ т.е.}$$

$$\frac{z_k}{c_k} = \frac{\partial U}{\partial z_k} . \qquad (26)$$

Искомыми поверхностями, которые ортогональны векторным линиям энтропии в пространстве свойств, являются поверхности уровня $U(z_1, z_2, ..., z_n) = C$ потенциальной функции U, согласно уравнения (25).

Определим величину $U(z_1, z_2, ..., z_n)$ как *меру* наблюдаемого пространства состояний. Мера, как и энтропия, также является характеристической функцией пространства состояний. Из полученных выше результатов следует, что мера представляет собой потенциальную функцию векторного поля $\mathbf{\Gamma}_z$, которое зависит только от параметров свойств. Причем, все состояния пространства Ω_n, которым свойственны различные параметры свойств и одно значение количества материального движения $W = const$, принадлежат одной и той же поверхности уровня $U(z_1, z_2, ..., z_n) = C$. Поэтому любое состояние M, лежащее на этой поверхности, будет однозначно определяться значением потенциала U и векторной линией энтропии, которой принадлежит точка M пространства состояний Ω_n.

Теперь для решения уравнения (7) воспользуемся методом, при котором величина W будет выступать параметром [8]. Так как был получен интеграл уравнения (22), то представим постоянную C как функцию величины W:

$$U(z_1, z_2, ..., z_n) = C(W). \qquad (27)$$

Подберем величину $C(W)$ таким образом, чтобы удовлетворялось уравнение (7).

Дифференцируя соотношение (27) получим:

$$\frac{\partial U}{\partial z_1}dz_1 + \frac{\partial U}{\partial z_2}dz_2 + ... + \frac{\partial U}{\partial z_n}dz_n - C'(W)dW = 0 \qquad (28)$$

Соответствующие коэффициенты при дифференциалах переменных в уравнениях (7) и (28) должны быть пропорциональны, поэтому:

$$\frac{\beta\cdot c_1}{z_1}\frac{\partial U}{\partial z_1} = \frac{\beta\cdot c_2}{z_2}\frac{\partial U}{\partial z_2} = ... = \frac{\beta\cdot c_n}{z_n}\frac{\partial U}{\partial z_n} = -\frac{C'(W)}{t}$$

откуда с учетом (26) $C'(W) = -\beta\cdot t$.

Таким образом, при условии $t = \vartheta(W)$ получим зависимость, которая связывает количество материального движения и меру пространства состояний вида:

$$U(z_1, z_2, ..., z_n) + \beta\cdot\int\vartheta(W)dW = const . \qquad (29)$$

Теперь получим дифференциальное уравнение для меры как функции пространства состояний. Из уравнений (26) следует, что $\frac{\partial^2 U}{\partial^2 z_k} = \frac{1}{c_k}$, поэтому основное уравнение для величины U, как функции пространства состояний, имеет вид:

$$\nabla^2 U = \sum_{k=1}^{n}\frac{1}{c_k}, \quad \nabla^2 U = div(\mathbf{\Gamma}_z). \qquad (30)$$

Таким образом, данные уравнения определяют свойства моделирующей среды, которая может быть принята для описания скалярного поля времени и которая отличается использованием понятия меры как потенциальной функции пространства состояний.

Дифференциальное уравнение эмпирического времени

Проблема моделирования времени связана не только с опытными данными, но и с теоретическими зависимостями, которые позволяют адекватно представить эти данные. В любом случае на данном этапе изучения проблемы времени, обработка опытных данных должна привести к установлению феноменологических величин, которые характеризуют феномены времени для различных классов систем. И только после накопления феноменологических знаний возможны формулировки различных теорий времени. Попробуем предложить один из методов, позволяющих вести обработку опытных данных для получения феноменологических зависимостей. Используем для этого логику апробированных подходов термодинамики и теории сплошных сред.

При формулировке аксиом 3 и 4 нами глубоко не рассматривался вопрос о том, что представляет собой количество воздействия. В связи с тем, что величина W определяет интенсивность динамических процессов изменения состояний объектов и связана с направлением процессов в поле эмпирического времени, то она также является полевой величиной. Количество воздействия суть функция процесса, и поэтому каждой точке M пространства Ω_n может быть поставлено в соответствие множество значений изменения величины W, каждое из которых зависит от вектора направления процесса l, т.е. от вектора направления мировой линии для реализованного процесса.

Примем гипотезу, что для любого процесса l в произвольной точке M существует связь между скалярным полем эмпирического времени $\tau(M) = t(z_1, z_2, ..., z_n)$ и количеством воздействия W. Представим эту связь по аналогии с законами физики сплошных сред в виде соотношения:

$$\vec{W}_l = \lambda(M) \cdot grad_l\, t(M), \qquad (31)$$

где $\lambda(M) = \lambda(z_1, z_2, ..., z_n)$ – коэффициент пропорциональности как функция точки пространства Ω_n, который определяет феноменологическую связь между вектором $\vec{W}$ и проекцией функции градиента эмпирического времени $grad_l\, t(M)$ на направление процесса l. С учетом (31) через элемент любой поверхности dS ортогональный направлению процесса l поток вектора $\vec{W}$ будет равен:

$$d\,\Pi = \lambda \cdot \left| grad_l\, t(M) \right| dS\,. \qquad (32)$$

Если рассмотреть замкнутую поверхность S в поле эмпирического времени, ограничивающую объем υ, то поток вектора через поверхность S будет равен:

$$\Pi = \iint\limits_S \lambda \cdot grad_l\, t\; dS\,, \qquad (33)$$

или с учетом формулы Остроградского:

$$\Pi = \iiint\limits_\upsilon div\,\left(\lambda \cdot grad\;\, t\right) d\upsilon\,. \qquad (34)$$

Уравнение (34) определяет поток вектора количества воздействия при изменении параметров свойств для спектра мировых линий объектов в пространстве состояний Ω_n .

С другой стороны, мы можем определить поток вектора $\vec{W}$ через дифференциальный оператор дивергенции поля и производные проекций вектора $\vec{W}$ по эмпирическому времени. Учитывая гипотезу связи величины количества воздействия с эмпирическим временем $dW = c_l \cdot d\tau$, получим поток вектора $\Pi_t = \iiint\limits_\upsilon div\left(\vec{W}\right) d\upsilon$ в виде:

$$\Pi_t = \iiint\limits_\upsilon \left(\left(\frac{\partial W}{\partial t} \right)_{z_1} \frac{\partial t}{\partial z_1} + .. + \left(\frac{\partial W}{\partial t} \right)_{z_n} \frac{\partial t}{\partial z_n} \right) d\upsilon \quad (35)$$

Так как время непрерывно и необратимо то, потоки (34) и (35) равны между собой, откуда получим уравнение параболического типа для эмпирического времени:

$$c_1 \frac{\partial t}{\partial z_1} + c_2 \frac{\partial t}{\partial z_2} + ... + c_n \frac{\partial t}{\partial z_n} = div\left(\lambda \cdot grad\;\, t\right). \quad (36)$$

Данное дифференциальное уравнение аналогично стационарному уравнению конвективной диффузии при его обобщении на n-мерный случай.

Таким образом, дифференциальное уравнение (36) совместно с соотношениями (1), которые могут быть представлены в виде некоторой проблемно-ориентированной базы данных применительно к спектру мировых линий изучаемых объектов, позволит проверить гипотезу о существовании феноменологических величин c_k и λ. Эта задача сводится к решению обратных краевых задач для уравнения параболического типа и восстановлению искомых величин по опытным данным, которые собраны при наблюдении за процессами изменения параметров свойств во времени. Весь практический опыт термодинамики и теплофизики указывает на то, что эта задача вполне решаема.

Аверин Г.В.
Донецкий национальный технический университет

Проблема выбора величин для определения времени

Исходя из всего сказанного выше видно, что существует несколько величин для построения систем определения времени. В первую очередь – это эмпирическое время, которое основано на модели абсолютного времени Ньютона и исторически имеет свою шкалу τ, реализованную в опыте, исходя из периодического физического процесса. Шкала этого времени является непрерывной и равномерной, а стандартная единица времени вводится по соглашению. Определяя секунду, как время, равное 9192631770 периодам излучения соответствующего перехода между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия 133, а метр – как путь, проходимый светом в вакууме за время в 1/299792458 секунды, устанавливается соответствие между расстоянием и временем и в модель абсолютного времени Ньютона вводится единица измерения времени. Шкала эмпирического времени ориентирована на измерение длительностей в последовательностях любых событий, так как она построена *вне отношения* к конкретным объектам. Данная шкала является удобной для относительных сравнений моментов возникновения событий, но она не отражает внутренних закономерностей в изменениях объектов, так как в любой опыт система измерения эмпирического времени привносится извне как закономерность, характерная для систем совсем иной природы.

Принятие эмпирического времени в виде модели абсолютного времени как шкалы измерения последовательностей различных случайных событий в любых объектах связано с реализацией некоторой последовательности эталонных регулярных событий высокой плотности на числовой оси времен, реализованной в часах. Такая шкала в виде числовой оси будет отличаться свойством равновозможного выбора произвольных моментов времени, хотя сама последовательность событий, генерированная в часах, будет упорядочена.

Естественно, что соответствие можно устанавливать не только между расстоянием и эмпирическим временем, но и между любым наблюдаемым свойством и временем. Поэтому существуют возможности построения других эмпирических шкал времени на основе изучения спектров мировых линий для объектов различной природы. Подобные шкалы времени однако отражают статистические закономерности в изменении и развитии конкретных систем. Данные шкалы измерения длительности в последовательности характерных событий, свойственных определенному классу объектов, уже не будут обладать свойством равновозможной реализации этих событий на числовой оси времен, а будут отражать существование некоторых статистических распределений в последовательностях моментов времени при изменении свойств.

Подобные шкалы эмпирического времени (назовем их шкалами системного времени) являются нелинейными, чаще всего их представляют в логарифмическом масштабе относительно абсолютного времени. Кроме того, в основу таких шкал обычно положены последовательности событий, характерные для определенного изучаемого класса объектов. Моделью такого эмпирического времени обычно являются зависимости, похожие по своему виду на функцию энтропии [2].

В специальной теории относительности в качестве времени выступает величина близкая по своей форме к мере пространства состояний [2]. Эта величина получила название в СТО относительного времени. При этом А. Эйнштейн ответил на вопрос о природе времени очень просто: время есть то, что измеряется часами. Для трехмерного пространства из уравнения (15) при обозначениях $c_1 = ... = c_n = c^2/2$ и $U = \tau^2$ получим: $c^2\tau^2 = x^2 + y^2 + z^2$ – уравнение распространения фронта светового сигнала.

Сегодня самый важный вопрос дискуссии в темпорологии связан с проблемой: какая величина или система величин наиболее полно отображает наблюдаемые изменения объектов во времени и может выступать адекватной оценкой времени? В данной статье речь велась об эмпирическом времени τ, о системном времени, тесно связанном с энтропией пространства состояний и о времени, которое может быть выражено через меру пространства состояний. Естественно, что такой сложный феномен, как время, может характеризоваться множеством величин и параметров. Для внешней системы координат величиной для оценки времени выступает эмпирическое время τ, которое стандартизировано и имеет свою шкалу измерений. Для внутренней системы координат, привязанной к спектру мировых линий наблюдаемых объектов, такая однозначная оценка пока не выработана, поэтому пока и нет смысла говорить о возможных шкалах измерений. Так как подобные шкалы будут привязаны к конкретным классам объектов или классам событий, становится ясна сложность такой задачи. Системное время, непосредственно связанное с линиями энтропии вектора эволюции может выступать оценкой изменений во времени. Относительное время, связанное с мерой пространства состояний, также может выступать оценкой времени.

Выводы

Таким образом, как видно из статьи, можно предложить различные варианты реляционно-полевых моделей представления времени. Идейно теория таких моделей тесно связана с математическим аппаратом термодинамики. Кроме этого крайне важным направлением исследований является эмпирическое изучение феноменологических особенностей полевой структуры времени. Как правило, в многомерном пространстве Ω_n поле эмпирического времени τ для различных спектров мировых линий будет неоднородно. Однородность и равномерность эмпирического времени является частным случаем и может наблюдаться только для отдельных классов объектов и процессов, например, для мировых линий часов или различных регулярных процессов. Здесь уже видна сущность меры и энтропии пространства состояний Ω_n. Данные величины представляют собой математические функции, которые характеризуют криволинейную ортогональную сетку для эмпирического поля времени. Эти потенциальные функции универсальны, так как они свойственны всему пространству состояний Ω_n и являются криволинейными координатами этого пространства. В свою очередь, поле эмпирического времени, которое описывается функцией $t(z_1, z_2, ..., z_n)$, не будет потенциальным. Таким образом, мера и энтропия пространства состояний могут выступать универсальными характеристиками времени. Поэтому, относительно этих величин следует изучать особенности и закономерности распределения поля эмпирического времени в различных областях пространства Ω_n. Также уже очевидно, что часов для определения времени и соответствующих шкал для его измерения должно быть достаточно много. Для разных областей пространства Ω_n должны быть разработаны или предложены часы различной природы для определения времени. Это позволит оценить полевую структуру времени и выявить особенности формирования мировых линий для различных классов объектов.

Подобные часы, назовем их системными часами времени, должны быть привязаны к объектам или пространству и различным процессам и явлениям. Хорошим объектом для разработки таких часов являются процессы формирования погоды в определенных точках поверхности Земли. Современные метеостанции позволяют автоматически отслеживать от 10 до 20 параметров и характеристик погоды, которые динамически изменяются с течением эмпирического времени. К таким показателям относится температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, осадки, интенсивность солнечного света и излучения в некоторых спектрах и т.д. Для каждой точки, где наблюдаются процессы формирования погоды, с течением эмпирического времени мы может построить систему соотношений вида (1), где в качестве параметров выступают метеорологические показатели. Построение шкал измерения системного времени для таких процессов, т.е. комплексных шкал наподобие «шкалы температуры», где температура является только одним из наблюдаемых параметров, позволит построить новую систему измерения времени по отношению к метеорологическим процессам.

Аналогичным образом, используя временные ряды самых различных процессов в области развития стран мира, демографии, экономики, финансов, добычи полезных ископаемых, энергетики и т.д., можно также строить шкалы системного времени и искать связи между ними. Например, база данных временных рядов [9] имеет более 12 миллионов рядов различных процессов и явлений. Такие базы данных могут использоваться для изучения структуры, особенностей и закономерностей поля времени, которое соответствует различным спектрам мировых линий.

Сложность задачи модельного представления времени состоит в том, что теория должна опираться на множественные опытные данные для объектов и систем самой разной природы. В области изучения феномена времени практикой пока не выработаны феноменологические закономерности, которые позволили бы обоснованно выбрать функции для описания абсолютного индекса, предложить методы оценки или измерения количества материального движения, определить темпоральности различных процессов, свойственных объектам и системам различных классов. Очевидно, что получение, накопление и обработка опытных данных о времени должны касаться, в первую очередь, естественных процессов для всех основных классов объектов и систем. Уже видна обширность такой задачи, так как для объектов различной природы необходимо изучить множество спектров мировых линий и, в каждом конкретном случае, получить такой же объем опытных данных, который был собран в термодинамике при изучении термодинамических процессов почти за двести лет.

Таким образом, в области изучения феномена времени накопление опытных фактов, а не построение множества гипотетических моделей, первостепенно в повестке дня. Эта задача сегодня является самой актуальной в изучении природы времени.

Аверин Г.В.
Донецкий национальный технический университет

Литература

1. Институт исследований природы времени. Библиотека электронных публикаций. – Электр. ресурс, URL: www.chronos.msu.ru/relectropublications.html (12.12.13).
2. Аверин Г.В. Системодинамика. – Донецк: Донбасс, 2014. – 405 с. – Электр. ресурс, URL: http://www.chronos.msu.ru/ru/rrules/item/sistemodinamika-2 (12.02.14).
3. Аверин Г.В. Системодинамика: наука о закономерностях процессов изменения и развития систем во времени. – Palmarium Academic Publishing, 2014. – 488 с.
4. Гухман А.А. Об основаниях термодинамики. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 383 с.
5. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика / Пер. с англ. – М.: Мир, 2002. – 461 с.
6. Falk G. Die Rolle der Axiomatik in der Physik, erlautert am Beispiel der Termodynamik // Die naturwissenschaften, 46, 1959, № 16. – pp. 480 – 486.
7. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления / Изд. 7-е. – М.: Наука, том 1, 1969.
8. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. – М.: Наука, 1969. – 424 с.
9. База данных временных рядов. Электр. ресурс, URL: https://www.quandl.com (12.12.13).

Аверін Г.В. "Реляційно-польова модель представлення часу". *Виконано аналіз дослідних фактів у галузі вивчення часу. Узагальнено деякі феноменологічні особливості та закономірності динамічних процесів різної природи. Дано визначення та поняття, які використовуються при розробці моделі представлення часу. Здійснено аналіз можливості формалізації основних властивостей часу: одночасності, послідовності та впорядкованості подій, властивостей плину часу, його універсальності та незворотності. Розроблено основні теоретичні положення та запропоновано реляційно-польову модель часу. Вивчено деякі конструкції часу, які засновано на можливих середовищах моделювання, зокрема, на використанні ймовірнісного та геометричного середовищ моделювання часу. Визначено поняття ентропії простору стану як векторної функції скалярного поля часу. Введено поняття міри простору стану та отримано диференціальне рівняння для міри, яка представляє собою потенційну функцію скалярного поля часу. Проаналізовано деякі напрямки досліджень, які дозволяють отримати нові дані про кількісні властивості часу.*

Ключові слова: час, властивості і конструкції часу, реляційно-польова модель.

Averin G. "Relational-field model for time representation". *The analysis of experimental facts was carried out in the domain of time research. Some phenomenological peculiarities and regularities of dynamical processes with diverse nature are summarized. Definitions and notions are given that are used for the development of model for time representation. The formalization possibility of the main time properties is analyzed: simultaneity, sequence and order of events, properties of the passage of time, its universality and irreversibility. The basic theoretical concepts are developed and relational-field model of time is proposed. Some time constructions are studied based on the possible modeling environments, in particular, on the use of probabilistic and geometric environments of time modeling. The concept of state space entropy is defined as a vector function of a scalar time field. The notion of the space measure is introduced and the differential equation for the measure is obtained that is a potential function of the scalar time field. Some research directions are analyzed that allow to obtain new data on the quantitative properties of time.*

Keywords: time, properties and construction of time, the relational-field model.

Статья поступила в редакцию 20.02.2014
Рекомендована к публикации д-ром техн. наук Ф.В. Недопекиным