

Ю.А. ПОПОВ, В.И. РЫЖКОВ

*Московский инженерно-физический институт (государственный университет)
Международный научно-технологический парк "Технопарк в Москворечье"
Межфакультетская научная группа "DIAMOND-МИФИ"*

ПРОЕКТ: МЕТАФИЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Проект использует систему компьютерной метафизики как основу получения логико-математических моделей реальности, позволяющих выразить основные законы бытия в простой математической форме [1]. Это позволяет средствами холистического (целостного) восприятия информации построить эргатическую (природа + техника + человек) систему знаний, обеспечивающую решение про-

блем, позволяющих принимать обоснованные решения при управлении, а также реализовать персональную метафизику как систему знаний и веры отдельного человека для анализа жизненных ситуаций.

В качестве примера приводится решение методами метафизического подхода сложной задачи: описание роста численности населения мира в период демографического перехода.

Введение

Существуют два противоположных подхода к описанию сложных систем: феноменологический и метафизический. Первый подход реализуется переходом от частных законов функционирования подсистем к общему закону функционирования системы как целостности.

Второй подход реализуется обратным переходом от общего закона функционирования системы к частным законам функционирования её подсистем. Аналогами этих подходов в логике являются индуктивный и дедуктивный выводы, в технике – проектирование «снизу-вверх» и «сверху-вниз». Несмотря на противоположный характер подходов, они не исключают друг друга, но находятся в отношении взаимной дополнительности, и если какая-либо сложная задача решается с использованием обоих подходов и даёт сходные результаты, то это обстоятельство становится весьма сильным верифицирующим критерием, и правдоподобие результатов решения существенно повышается.

Феноменологический подход, на который возлагают большие надежды специалисты многих областей, использует методы системного анализа и синергетики – междисциплинарной науки о принципах самоорганизации системы, её возникновении, развитии и самоусложнении. Этому подходу посвящено большое количество книг и статей, среди авторов которых наиболее известны Г. Хакен, И. Пригошин, Г. Николис, К. Майнцер, С. Курдюмов, поэтому нет необходимости рассматривать его более детально в рамках данной статьи.

Что же касается метафизического подхода, то на нём стоит остановиться более подробно, поскольку он впервые в более или менее завершённом виде был опубликован недавно – в 2001 году – в книге «Компьютерная метафизика – модели реальности», и поэтому мало известен широкой научной общественности.

Цель метафизического подхода, в сущности, та же, что и феноменологического подхода: описание общих законов построения и существования Мироздания как сложной иерархически организованной системы, включающей три фундаментальные сферы бытия: сферу неживой природы (физическую сферу), вложенную в неё сферу живой природы (биосферу)

и вложенную в биосферу сферу разумной природы (природу человека и человечества в целом – Антропосферу). Однако метод достижения цели – прямо противоположный феноменологическому подходу: не от явления к сущности, а от сущности к явлению, поэтому в метафизическом подходе очень важно найти такой набор основоположений, который позволил бы построить логико-математическую модель Мироздания, описывающую его построение и существование. Ниже даётся краткое изложение принципов построения модели и основных результатов.

Выражение «логико-математическая модель» означает, что описание модели осуществляется с использованием средств как естественного общелитературного языка, так и языка математических обозначений и выражений. Описание модели не является строго формальным подобно аксиоматическим теориям различных исчислений.

По своему статусу логико-математическую модель реальности можно отнести к классу моделей общей теории систем.

Логико-математическая модель реальности.

Математическая метафизика

Несоответствие между гигантским многообразием реальности и ограниченным объёмом познавательных способностей сознания человека порождает так называемую «проблему сложности», которую иногда называют «проклятием сложности» или «проклятием многомерности». Решением проблемы сложности является согласование объёма многообразия реальности с объёмом сознания человека. Решение проблемы сложности в математическом плане заключается в переходе от описания реальности с использованием множества переменных к описанию реальности с использованием одной-двух переменных, однако такой переход должен осуществляться не произвольным образом, а по некоторым определённым правилам.

В основание данной модели положены два принципа данности (основоположения) и два принципа построения (правила) в форме следующих суждений.

1. Принципы данности (основоположения).

1.1. Реальность представляется субъекту как многообразие явлений и отношений между явлениями. В более краткой форме: *реальность является многообразием.*

1.2. Многообразие явлений и отношений включает как разнообразные явления и отношения, так и однообразные явления и отношения. В более

краткой форме: *многообразии является единством разнообразия и однообразия.*

2. Принципы построения (правила).

2.1. Иерархическая организация реальности.

2.2. Экстремальная оптимизация иерархии.

В основе понятий многообразия, разнообразия и однообразия лежит более общее понятие множества элементов. Отличием в содержании этих понятий является соотношение различных и одинаковых элементов: многообразии содержит и различные, и одинаковые элементы; разнообразии – только различные, а однообразии – только одинаковые элементы.

Этот набор принципов позволяет построить процедуру трёхшагового упрощения описания реальности как многообразия от произвольной максимальной сложности с M переменными до минимальной сложности с одной переменной.

Введём следующие количественные характеристики реальности-системы: *масштаб* M как меру многообразия системы – общее количество элементов системы; *сложность* L – как меру разнообразия системы – количество различных элементов системы.

Начальное состояние системы – это M различных элементов. В этом исходном состоянии масштаб и сложность системы неразличимы, тождественны $M = L$.

Первый шаг упрощения системы осуществляется посредством организации произвольной иерархической структуры, которая приводит к сокращению числа переменных от M до n .

$$M = \prod_{i=1}^n m_i, \quad L = \sum_{i=1}^n m_i, \quad (1)$$

Второй и третий шаги упрощения системы осуществляются посредством экстремальной оптимизации выражений (1) в форме постановки и решения так называемой изопериметрической задачи.

Действия и результаты трёхшаговой процедуры упрощения системы-реальности удобно представить в виде матрицы, изображённой на рис.1, где символами (M, L, H, C) обозначены четыре характеристики системы, именуемые соответственно масштабом, сложностью, идеей и кодом системы, а символами m, n – универсальные переменные.

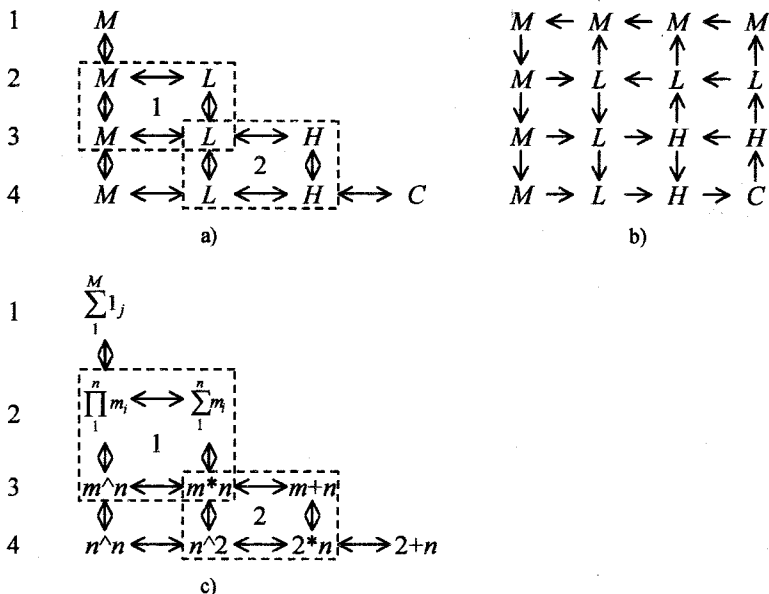


Рис. 1. Изображение метафизической матрицы реальности в свёрнутом а), б) и развёрнутом с) виде. Прямоугольники, выделенные штриховыми линиями и обозначенные номерами 1 и 2, указывают соответственно на первую и вторую изопериметрические оптимизационно-десоптимизации. Символы «+», «*» и «^» означают алгебраические операции соответственно сложения, умножения и возведения в степень.

Триада системных характеристик: масштаб, сложность и идея, выраженные, соответственно, степенью, произведением и суммой двух переменных, дают возможность выразить три системных принципа сохранения: сохранения масштаба, сохранения сложности и сохранения идеи системы, на основе которых возможно осуществить три вида преобразования структуры системы: равномасштабное преобразование – изменение сложности и идеи при сохранении неизменным значения масштаба; равносложное преобразование – изменение масштаба и идеи при сохранении

неизменным значения сложности; равнодейное преобразование – изменение масштаба и сложности при сохранении неизменным значения идеи.

Комбинация двух принципов сохранения-изменения масштаба и идеи позволяет построить простую универсальную схему и алгоритм эволюции-инволюции как схему процесса развёртывания-свёртывания, усложнения-упрощения системы.

Ключевым моментом в построении этой схемы является использование идеи в качестве единого периода развёртывания и масштаба, и сложности при равнодейном преобразовании.

Главными особенностями распределений масштаба и сложности по идее являются: асимметричная колокольная форма кривой масштаба с максимумом, сдвинутым влево относительно центра идеи, и симметричная параболическая форма кривой сложности с максимумом, расположенным строго в центре идеи. Последнее обстоятельство очень важно, так как позволяет толковать центр идеи как точку, в которой система пребывает в состоянии расслабления, покоя, равновесия, характеризующегося максимумом информационной энтропии идеи.

Максимумы сложности и масштаба являются двумя предельными состояниями системы, причём максимум сложности означает предельное состояние расслабления, покоя, и поэтому достижение этого состояния является желаемой целью системы, находящейся в состоянии напряжения; максимум же масштаба означает максимум ресурса, потенци, силы и могущества системы, а следовательно, и максимума её надёжности и безопасности, и поэтому достижение максимума масштаба является желаемой целью системы, находящейся в состоянии покоя, но достижение этой цели требует напряжения, усилия. Следовательно, расхождение – дивергенцию – проекций максимумов масштаба и сложности на идею можно толковать как *внутреннюю причину самодвижения* системы, побуждающую её к переходам от расслабления к напряжению и от напряжения к расслаблению или, иными словами, – от сохранения к изменению и от изменения к сохранению. Чередование этих переходов представляет универсальный механизм и логики самодвижения реальности, и ритмической структуры её пространственно-временной организации, т.е. её физического существования.

Для процесса эволюции-инволюции характерны дискретность и детерминированность: процесс дискретен, поскольку переходы из старого состояния покоя в новое состояние покоя осуществляется ступенчато, по шагам, посредством чередования противоположных состояний напряжения и расслабления; процесс детерминирован, поскольку новое состоя-

ние покоя однозначно предопределяется старым состоянием покоя. Детерминированность процесса обуславливается экстремальной оптимизацией, т.е. тем, что на каждом шаге параметры системы принимают предельные возможные значения (L_{\max} , M_{\max} , H_{\min}), а это означает, что процесс расширения-сокращения, подъёма-спуска является наибо́льшим, так как любое отклонение от точных значений максимумов и минимумов приводит к замедлению процесса. Но из этого следует также, что возможны варианты неоптимального, в том числе стохастического процесса, когда параметры принимают случайные значения. Ясно, что в любом таком случае ход процесса будет замедлен. Если теперь эволюционный процесс представить как гонку на выживание множества систем, стартующих из одинакового состояния, то ясно, что первой к финишу придёт система, которая на каждом шаге будет превосходить остальные в точности попадания в точки максимумов и минимумов своих параметров, иначе говоря, *победит та система, которая лучше других будет знать саму себя.*

Четыре характеристики матрицы (M , L , H , C) представляют четыре её иерархических уровня, между которыми имеют место парные взаимодействия-связи, всего возможно шесть таких связей: (M , C), (M , H), (M , L), (L , C), (L , H), (H , C).

Поскольку каждая характеристика однозначно выражается через универсальную переменную n , то это обстоятельство, в принципе, позволяет составить для каждой пары уровней уравнение взаимодействия и получить решение в виде числовых констант взаимодействия.

Идея подхода к составлению уравнений межуровневых взаимодействий-связей заключается в том, чтобы среднее значение однообразия в многообразии выразить двояким способом: как отношение числа элементов (единиц) многообразия к числу элементов (единиц) разнообразия и как функцию универсальной переменной.

Выражения уравнений для всех связей приведены в таблице в порядке убывания масштабности взаимодействия – от наиболее масштабного (M , C) взаимодействия до наименее масштабного (H , C) взаимодействия.

Таблица 1. Выражения уравнений межуровневых связей

№	Обозн.	
1	(M, C)	$n^n = (2+n) * r_n^n$
2	(M, H)	$n^n = 2 * n * r_n^n$
3	(M, L)	$n^n = n^2 * r_n^n$
4	(L, C)	$n^2 = (2+n) * r_n^2$
5	(L, H)	$n^2 = 2 * n * r_n^2$
6	(H, C)	$2 * n = (2+n) * r_n^2$

Примечание: $r_n = n \cdot n / n \cdot n \cdot (n - n) \wedge (n - n)$

n_+ - большее значение корня;

n_- - меньшее значение корня

Итак, получен набор уравнений межуровневых взаимодействий-связей, включающий пять стационарных и шесть нестационарных уравнений. Уравнения описывают состояния реальности в её существенных моментах и циклах движения-напряжения и покоя-расслабления. Поэтому данный набор уравнений можно интерпретировать как крупноплановую математическую модель существования Мироздания.

Этот набор уравнений имеет пять главных особенностей.

1. Все уравнения имеют существенно нелинейную форму, что ясно видно из их выражений.

2. Уравнения содержат одну единственную универсальную переменную, иллюстрируя этим самым решение проблемы сложности, т.е. переход от множества переменных к одной переменной в описании реальности.

Эта особенность позволяет получить численные решения уравнений без каких-либо дополнительных предположений и упрощений.

3. Уравнения не содержат параметров, относящихся к какой-либо конкретной предметной области неживой, живой или разумной природы, и которые необходимо определять эмпирически.

Эта особенность придаёт математической модели статус метафизической модели, область описания которой выходит за пределы чувственно постигаемой реальности, в силу чего модель даёт возможность заглянуть в умопостигаемый мир «оком разума». Набор уравнений таким образом представляет пустую форму, которая может быть наполнена содержанием любой из предметных областей физической, биологической и антропной природы.

4. Уравнения содержат всего лишь одну константу – двойку, которая входит в выражения характеристик четвёртой строки матрицы – строки покоя – в различных комбинациях в качестве то слагаемого ($C = n + 2$), то множителя ($H = 2 * n$), то показателя степени ($L = n \wedge 2$). Двойка в четвёртой строке матрицы появляется в результате второй изопериметрической оптимизации и выражает число двух переменных в третьей строке на предыдущем шаге оптимизации.

Эта особенность символизирует *универсальность*, разнообразие и фундаментальность дуализма реальности, вытекающего из её иерархической организации.

Заметим также, что дуализм лежит в основании компьютерной двоичной логики и арифметики.

5. Решения набора уравнений взаимодействий-связей определяют конечные пределы возрастания и убывания масштаба, сложности, идеи и кода системы и на вопрос: «Существуют ли пределы усложнения и упрощения систем?» – дают утвердительный ответ, и, более того, указывают сами значения этих пределов!

В качестве примера, иллюстрирующего возможность применения метафизической логико-математической модели к решению сложной задачи из конкретной предметной области, взята демографическая задача описания роста численности населения мира в период демографического перехода, т.е. в период, когда скорость роста сначала резко возрастает, а затем также резко убывает и численность человечества стабилизируется на некотором уровне.

Этот пример выбран из следующих соображений. Во первых, существует фундаментальное феноменологическое исследование данной задачи, выполненное известным физиком-теоретиком С.Капицей [2, сс. 63-79], и результаты решения этой задачи могут быть соотнесены с аналогичными результатами, полученными на основе метафизического подхода. Во вторых, – ввиду исключительной важности решения этой задачи. Вот что пишет по этому поводу С.Капица: «Из всех глобальных проблем рост народонаселения мира представляется главной.» И далее: «Проблема роста населения Земли представляется *важнейшей из всех глобальных проблем.* Вместе с тем её исследование, несомненно, и *сложнейшая из задач*, если не найти пути к её решению, исходя из *общих свойств* систем, которые могут привести к *уменьшению числа переменных и упрощению* рассмотрения... Эта задача поставлена в данной работе, где для её решения привлечены методы *системного анализа и синергетики*, созданные именно для феноменологического описания *сложных систем.*» [2, с. 63].

На основе феноменологического подхода в предположении автономности (самоподобия) процесса роста населения мира в цитируемой работе построена математическая модель, из которой получены следующие числовые значения параметров, характерные для периода демографического перехода:

$N_{\infty} = 14 \text{ E } 9$ – асимптотический предел роста населения мира;

$T_1 = 2007$ год – момент максимальной скорости роста населения мира;

$K = 67000$ – естественный масштаб популяции;

$\tau = 42$ года – характерное время жизни человека;

$T_2 = T_1 + 3\tau = 2007 + 3 \cdot 42 = 2133$ год – момент, когда численность населения мира достигнет 90% предельного значения, $0.9N_\infty = 12.6 \text{ E } 9$.

Прогноз роста населения мира на основе метафизического подхода выполняется в два этапа. На первом этапе определяется предельная численность населения, на втором этапе определяются временные параметры и форма кривой процесса демографического перехода.

1. Предельная численность населения мира определяется на основе решения крупномасштабного уравнения связи (M, C) по формуле $N_{\max} = 4 * M_+$, где $M_+ = n_{\text{ст}+} \wedge n_{\text{ст}+} = 9.6917 \wedge 9.6917 = 3.6303 \text{ E } 9$, а константа 4 означает численность стационарной семьи (двое родителей и двое детей). Имеем $N_{\max} = 4 * 3.6303 \text{ E } 9 \cong 14.5 \text{ E } 9$. Из сопоставления значений N_{\max} и N_∞ можно заключить, что расхождение между ними невелико.

2. Процесс демографического перехода будем интерпретировать как процесс перехода от меньшего значения корня $n_- = 9.1292$ к большему значению $n_+ = 9.6917$. Этот переход осуществляется путём равнодейного преобразования по формуле $M = m \wedge (H - m)$, где $H = 2 * n_- = 2 * 9.1292 = 18.2584$, а переменная m интерпретируется как безразмерное логическое время. Формула роста населения мира примет вид $N = 4 * m \wedge (18.2584 - m)$. Кривая перехода (её восходящая ветвь) от значения $N_{\min} = 4 * n_- \wedge n_- = 4 * 9.1292 \wedge 9.1292 \cong 2.4 \text{ E } 9$ до значения $N_{\max} \cong 14.5 \text{ E } 9$ показана на рис.2. Как видно из графика кривой, она представляет собой типичную S-образную форму, которую часто называют кривой обучения или сигмойдом, и которая используется в математических моделях элементов нейрокомпьютеров.

Привязка шкалы логического времени m к шкале реального времени t осуществляется на основе известных данных ООН о численности населения 2.4 E 9 в 1950 году и 6.3 E 9 в 2000 году, на графике эти данные соответствуют точкам 1 и 2. Точка 3 соответствует моменту максимальной скорости роста населения (2028 год), точка 4 соответствует моменту 90% уровня предельной численности населения, $0.9N_{\max} \cong 13 \text{ E } 9$ (2080 год), а точка 5 соответствует моменту достижения предела численности населения мира (2130 год).

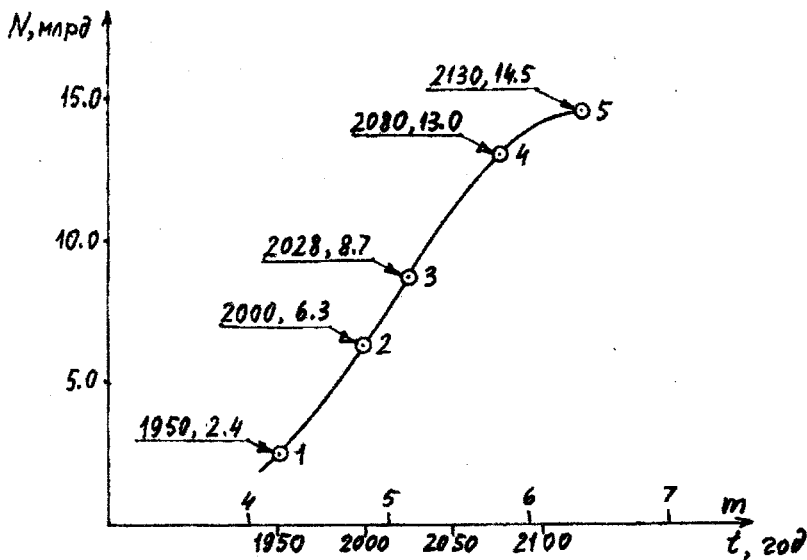


Рис. 2. График роста численности населения Земли (демографического перехода)

Сравнивая эти результаты с результатами, полученными из феноменологической модели, видим, что хотя между ними и есть различия, главным образом в привязке к шкале реального времени, тем не менее эти различия в таком долгосрочном прогнозе вряд ли имеют существенное значение, и поэтому можно считать, что оба результата достаточно хорошо согласуются между собой, и, следовательно, правдоподобие сделанных оценок и соответственно доверие к ним значительно возрастают.

Эволюционные процессы в живой природе представляют гонку множества систем на выживание в условиях жёсткого ограничения на ресурсы. Часть систем при этом в качестве ресурса использует другие системы. Ясно, что лидерами в этой гонке будут те системы, которые на каждом шаге развития будут превосходить остальные в точности попадания в точки максимумов и минимумов своих параметров, определяющих это развитие.

Человечество как развивающаяся система непрерывно наращивает свой масштаб M – число особей, а также свою сложность L – количество государств и цивилизационных систем, обеспечивающих взаимодействие между ними. Государства и человечество в целом с попеременным успехом нащупывают идею своего развития – H . Такое развитие человечества

непрерывно сопровождается нарастающим ухудшением условий проживания и уничтожением ресурсов планеты, которая в свою очередь является сложной иерархической системой, и в своём развитии под этой перегрузкой перешла в 70-е годы XX века в фазу Глобальной Экологической Катастрофы (ГЭК).

В результате отдельные государства, принадлежащие как к ядру (лидеры), так и к периферии (аутсайдеры), куда попала Россия, через некоторое время будут вовлечены в смертельную гонку на выживание в условиях ГЭК и сокращающихся ресурсов. Победит в гонке та система, которая лучше других будет знать саму себя (свои параметры) и организует рациональный процесс своего развития и взаимодействия с другими системами. Взаимодействие с другими системами будет вестись либо по старым правилам («схвати побольше, отдай поменьше»), либо на принципах гуманного научного общества разумных людей и научного управления с использованием моделей компьютерной метафизики.

Максимумы сложности и масштаба являются двумя предельными состояниями системы. Причём максимум сложности означает предельное состояние расслабления, покоя, и поэтому достижение такого состояния является желаемой целью системы, находящейся в состоянии напряжения. Максимум масштаба означает максимум ресурса, потенции, силы и могущества системы, а, следовательно, и максимума её надёжности и безопасности. Поэтому достижение максимума масштаба является желаемой целью системы, находящейся некоторое время в состоянии покоя. Но достижение этой цели требует напряжения, усилия, мобилизации некоторых сил.

Следовательно, расхождение – дивергенцию – проекций максимумов масштаба и сложности на идею (горизонталь) можно толковать как *внутреннюю причину самодвижения системы*, понуждающую её к переходам от расслабления к напряжению и от напряжения к расслаблению или, иными словами, – от сохранения к изменению и от изменения к сохранению.

Чередование этих переходов представляет универсальный механизм и логику самодвижения реальности и ритмической структуры её пространственно-временной организации, т.е. её физического существования.

В заключение отметим, что использование математического языка в метафизике позволяет построить описание связей и закономерностей Мироздания крупным планом. Применение же компьютерной технологии, которая многократно усиливает комбинаторные возможности челове-

ского разума, позволит повысить степень детализации и конкретизации этого описания.

Список литературы

1. Лубченков Ю.Н., Попов Ю.А., Рьжков В.И. Компьютерная метафизика — модели реальности / Под ред. канд. психол. наук Д.В. Поспелова. — М., 2001.
2. Капица С.П. Феноменологическая теория роста населения Земли. Успехи физических наук. Т. 166, №1, январь 1966 г.