

Языковая среда принятия решений в социально-экономических системах

В.Н. Цыгичко

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук», г. Москва, Россия

Аннотация. В статье рассматривается проблема отношения языков многоуровневого описания социально-экономических систем (СЭС) и формулируются условия их информационного единства.

Ключевые слова: языки, информационное единство, иерархические организационные системы, управление, структура, вероятность, модель.

DOI: 10.14357/20790279220305

Введение

Свойства языка определенным образом отражают мышление и во многом определяют содержание информационных процессов, как в социально-экономических системах (СЭС), так и в науке о них. Анализ свойств языков описания социальных объектов, как сложных иерархических организационных систем, представляет определенный интерес для теории и практики принятия решений.

Создание эффективных информационных технологий для поддержки принятия решений в СЭС связано с построением иерархической системы языков, описывающих на разных уровнях обобщения предметную область управления. С помощью иерархии языков, построенной определенным образом, реализуется принцип многоуровневого описания [12]. Он гласит, что любой объект должен быть описан, во-первых, как элемент более широкой системы, во-вторых, как целостное явление, в-третьих, как некоторая сложная структура, внутреннее строение которой необходимо представить с подробностью, достаточной для достижения целей исследования. Таким образом, минимально необходимое число уровней описания системы – три.

1. Феномен языка

Что такое язык в широком понимании этого слова до сих пор остается невыясненным. Имеется большая подборка определений языка, выражающих множество различных точек зрения и концепций [1, 5, 10]. В совокупности эти высказывания отражают многоаспектность, полиморфизм языка

и подтверждают представление о невозможности его однозначного определения. Мы считаем, что строгое определение языка и не нужно. Интуитивное представление о языке как о некотором целостном организме с многообразными функциональными и структурными свойствами является более глубоким и полезным с точки зрения познания, теоретического осмысления и практического использования этого феномена.

Особое место языковые проблемы занимают в кибернетике и теории систем, где язык рассматривается как средство организации целенаправленного функционирования самоорганизующихся систем. Язык системы определенным образом отражает ее свойства и сам может рассматриваться как сложная целостная система. Исследование и описание таких систем, как СЭС, происходят через анализ их информационного отражения и изучения информационного обмена внутри системы и с внешней средой. Этот естественный информационный обмен происходит на различных языках, приспособленных к существу и форме происходящих в системе процессов.

Описание объектов реализуется с помощью языков, которые существенно отличаются от языков, обеспечивающих коммуникации в СЭС [3, 11]. Это, прежде всего, языки науки, позволяющие строить теоретический образ объекта и его многоуровневое представление в соответствии с системными принципами описания. Их можно разделить на два больших класса – естественный язык, на котором происходит содержательное описание социального объекта, и формализованные языки,

с помощью которых осуществляется формальное представление системы.

Вообще говоря, это деление условно, так как формальные элементы имеются и в естественном языке, и строгой границы между естественным и формализованными языками науки провести нельзя. Просто в первом преобладают свойства, которые играют все меньшую роль по мере формализации языка. Нас интересуют языки содержательного и формального описания систем.

Язык выполняет функцию коммуникации между элементами СЭС. В процессе осуществления коммуникации язык выполняет функции кодирования, преобразования, хранения и воспроизведения информации.

Здесь мы сталкиваемся с одной из ключевых проблем кибернетики – агрегированием и дезагрегированием информации. Оба этих процесса определяют существо обмена информацией в иерархических системах управления социально-экономическими организациями и реализуются с помощью иерархической структуры естественного языка, образующего информационную среду этих систем.

В языке можно выделить несколько иерархических структурных срезов [9]. Например, в любой знаковой системе для того, чтобы она могла называться языком, необходимо наличие знаковой иерархии, когда из простой знаковой системы строятся более сложные: из букв – морфемы, из морфем – слова, из слов – фразы и т.д. Делались даже попытки построить иерархию логической структуры языка. Мы коснемся другого аспекта иерархичности языка – многоуровневого отражения реальности, в котором воплощается одно из основных свойств мышления [9, 10].

Мышлению свойственно целенаправленное многоуровневое отражение объектов реального мира. С определенной долей упрощения можно утверждать, что решаемая в каждый конкретный момент времени задача определяет соответствующий образ, а затем и логико-речевую модель рассматриваемого явления или объекта, т.е. происходит выделение объекта из среды и представление его в необходимом ракурсе с подробностью, требуемой для решения задачи. При этом строится иерархия образов разной степени подробности, т.е. мышление иерархично по своей природе. Эта иерархия отражений объекта в сознании переносится на иерархию языка представления объекта в его логико-речевой модели.

Естественный язык хорошо приспособлен к многоуровневому отражению действительности, в нем органично представлены средства обобщения и детализации. Именно мягкость языка, его полимор-

физм дают возможность отражать сложность реальности более полно, чем «жесткие» формальные языки. Эти достоинства естественного языка наглядно проявляются при содержательном описании СЭС.

Следует упомянуть о таком важном свойстве мышления, как способность к классификации. Целенаправленно строя абстрактный образ реальности, мышление сразу классифицирует последний в зависимости от решаемой задачи. Каждой задаче соответствует своя классификация, абстрактный образ и логико-речевая модель объекта.

Целенаправленность и иерархичность мышления, способность к абстракции и классификации реализуют механизм избирательности мышления и являются основой аналитической деятельности. Благодаря этим свойствам человек быстро ориентируется в громадном потоке информации и, не просматривая ее всю, находит нужную. Это же относится и к отбору альтернатив из множества возможных. Этим отличается механизм мышления от формальных процедур, основанных, как правило, на переборе всей информации и всех возможных альтернатив при принятии решений. Механизм избирательности мышления отражается в свойствах естественного языка, которые могут быть в некоторой мере перенесены и на формальные языки заданием определенных отношений между языками разного уровня описания систем.

2. Вероятностная концепция языка

Вероятностная концепция языка [6] позволяет по-новому взглянуть на проблему информационного единства описания СЭС и места в этой проблеме отношений формальных языков.

Сущность вероятностной концепции языка состоит в следующем. Язык представляется некоторой знаковой системой, где каждому из них соответствует множество смысловых значений, связанных с ним случайным образом. Эта связь задается субъективной априорной функцией распределения смысловых значений знака, свойственной каждому человеку. Если рассматривать человека как некоторую систему восприятия информации, то априорная функция распределения смысла знака задает вход в систему в виде вероятностной шкалы, где появление одних смысловых значений более вероятно, чем других.

Определенный смысл может быть приписан знаку только в процессе восприятия информации, т.е. смысловое значение знака определяется его употреблением с другими знаками, составляющими текст информационного сообщения.

В процессе восприятия текста поле смысловых значений знака, определяемое субъективной

априорной функцией распределения, существенно сужается. Наличие у приемника информации априорных представлений о возможных смыслах знака является обязательным для понимания его значения в конкретном тексте, т.е. употребление знака еще не раскрывает его смысл, если с ним не связана априорная функция распределения.

Таким образом, восприятие информации представляется случайным процессом, определяемым применением знака в тексте и априорным знанием функции распределения смысловых значений.

Выход этого процесса характеризуется некоторой апостериорной функцией распределения смысловых значений знака в конкретном тексте. Предполагается, что все функции распределения смысловых значений непрерывны, т.е. каждое значение знака на шкале вероятностей представлено участком, нечетко разграниченным с участками соседних значений. Отсюда следует, что вероятность абсолютно однозначного смысла знака равна нулю.

Байесовская модель языка [6] строится из предположения, что априорная функция $P(\mu)$ распределения смысловых значений μ знака известна и имеется пространство X всех возможных текстов $x \in X$, где может быть применен рассматриваемый знак. На X задана вероятность $P(x/\mu)$ как функция распределения смысла μ , заданного его употреблением. Тогда вероятностная модель языка с помощью теоремы Байеса запишется:

$$P(\mu/x) = kP(x/\mu)P(\mu), \quad (1)$$

где k – нормирующий множитель; $P(\mu/x)$ – апостериорная функция распределения смысла знака, воспринятого в контексте информационного сообщения.

Априорная вероятность $P(\mu)$ по своей сути является субъективной оценкой шансов использования знака в его μ смысле. Эти оценки определяются интеллектуальной настроенностью данного субъекта и степенью его информированности. В социальных организациях люди, входящие в разные звенья системы управления, имеют близкие значения $P(\mu)$, поскольку последние в сильной степени определяются стандартными формами (в том числе документацией), принятыми в информационном обмене каждой системы. Вместе с тем для звеньев управления различного уровня всегда имеют место и определенные отличия $P(\mu)$, связанные с различной целевой ориентацией звеньев и различным набором критериев поведения.

Вероятностная модель языка определенным образом пересекается с тезаурусной концепцией информационного обмена, поскольку правая часть выражения (1) может интерпретироваться как не-

который тезаурус с вероятностной природой восприятия информационных сообщений. К этому подводит и простейший формальный анализ модели. Например, если в тезаурусе приемника отсутствуют понятия, составляющие поле смысловых значений знака $P(\mu)=0$, то текст не может быть понят, т.е. $P(\mu/x)=0$.

3. Классификация языков

Вероятностная модель языка позволяет построить семантическую шкалу языков, т.е. классификацию языковых систем по вероятностной структуре смыслового содержания, где каждый язык характеризуется величиной и размытостью интервалов значений принятых в нем знаков [6, 11]. На одном конце этой шкалы будут находиться наиболее полиморфные, мягкие языки, например, такие, как язык формальной живописи, а на другом конце – предельно жесткие, такие, как язык программирования, где каждому знаку соответствует совершенно однозначный смысл. Нас интересуют языки описания социальных объектов, т.е. языки науки. На семантической шкале языков они занимают некоторое промежуточное положение.

Язык содержательного описания СЭС – естественный язык, содержащий понятийно-терминологическую структуру данной отрасли науки и соответствующие ей логические формы. Это мягкий, полиморфный, метафоричный язык, в котором сочетаются дедуктивные и индуктивные механизмы заключений и выводов и где интуитивное начало имеет значительный вес.

Далее следует язык формальной схемы, структурирующий и упорядочивающий содержательное описание СЭС. Он строит жесткий формальный каркас описания СЭС, однозначно фиксирующий основные отношения в системе. Содержательная интерпретация исследуемых процессов на языке формальной схемы вносит большую определенность и конкретность в описание состояния и функционирования СЭС. Формальной схеме соответствует и своя понятийная структура.

Замыкают ряд языков описания СЭС формальные языки моделирования, фиксирующие в явной форме механизм жизнедеятельности и количественные показатели состояния и функционирования системы.

На каждом из перечисленных языков строится многоуровневое описание системы и излагаются цели и условия функционирования.

Отношения языков различной жесткости в процедуре описания СЭС на каком-либо одном

уровне представления системы хорошо интерпретируются в рамках вероятностной концепции языка. Здесь следует отметить несколько важных аспектов. Переход от языка содержательного описания к более жестким языкам формальной схемы и математических моделей отражает информационный аспект процесса познания СЭС. Естественный язык выполняет главным образом описательную функцию, хотя в нем обязательно присутствуют объяснительная и предсказательная функции. Отметим, что не все процессы поддаются даже частичной формализации и для них естественный язык выполняет все функции научного описания, т.е. строятся вербальные теории. Примерами могут служить различные политические, социальные, экономические, биологические и философские теории.

Как правило, механизм функционирования системы в содержательном описании представлен обычно в столь общей неявной форме, что исключает возможность строгого логического анализа. Зато широко представлены, обычно не в структурированном виде, различные частные стороны, детали и нюансы, которые в совокупности способствуют созданию определенного образа объекта и интуитивного понимания протекающих в нем процессов. Именно здесь возникают идеи и гипотезы, развиваемые затем в частично формализованной теории и ее моделях.

В терминах вероятностной модели языка содержательное описание СЭС характеризуется широкой областью значений и относительной пологостью, размытостью априорной функции распределения $P_c(\mu)$ и апостериорной функции $P_c(\mu/x)$. Последняя позволяет оценить неопределенность содержательного описания СЭС через его энтропию \mathcal{E}_c :

$$\mathcal{E}_c = - \sum_{\mu=1}^M P_c(\mu/x) \log P_c(\mu/x) \quad (2)$$

$\forall \mu=1 \div M$

В содержательном описании СЭС смысл введенных терминов в сильной степени определяется содержанием текста, заложенной в нем теоретической концепцией. Другими словами, этот язык характеризуется сильной корреляцией μ и x .

4. Язык формальной схемы

Язык формальной схемы вносит в описание системы структурную однозначность, упорядоченность и понятийную структуру, позволяющую широко применять дедуктивные правила доказательств и выводов. Здесь уже соблюдается опреде-

ленная строгость представления объекта. На этом языке происходят как бы логический пересказ и объяснение содержательного описания на другом понятийном уровне, т.е. он выполняет роль метаязыка. Язык формальной схемы характеризуется существенно меньшим полиморфизмом по сравнению с естественным языком. Это выражается меньшей областью возможных значений μ , большей крутизной априорной функции распределения $P_\phi(\mu)$ и апостериорной функции $P_\phi(\mu/\delta)$. Ослабляется корреляция между μ и x . Соответственно уменьшается энтропия описания СЭС.

$$\mathcal{E}_\phi \succ \mathcal{E}_c = - \sum_{\mu=1}^M P_\phi(\mu/x) \log P_\phi(\mu/x). \quad (3)$$

В языке формальной схемы начинает превалировать объяснительная функция и играть заметную роль предсказательная. Другими словами, это уже язык частично формализованной теории, на котором интерпретируется все богатство содержательного описания системы в рамках определенной структурно-логической схемы, которая может быть выражена с помощью некоторого формализма.

Интерпретация рассматриваемого явления в рамках его формальной схемы может быть значительно богаче и информативней его содержательного описания. Хотя формальная схема требует более строгих логических средств в рамках развиваемого в ней формализма, однако это отнюдь не означает отрицание приемов, рассуждений и выводов, имеющих интуитивное основание. Формальная схема только упорядочивает интуитивные представления исследователя, в определенной мере структурируя их и вводя в рамки принятого в ней логического каркаса.

5. Формальное описание СЭС

Формальное описание СЭС реализуется в его математических моделях. Язык математического моделирования в явном виде содержит механизм функционирования, представленный последовательностью логических операций над массивом исходной информации. Модель имеет дело с однозначно заданными символами, и в этом смысле язык моделирования – жесткий язык, для которого $P_M(\mu)=1$ и $P_v(\mu/x)=1$, т.е. энтропия модели $\mathcal{E}_M=0$.

Однако интерпретация результатов моделирования на языке формальной схемы и содержательного описания СЭС отнюдь не однозначна. Всегда существует неопределенность интерпретации в принятой теоретической схеме, прямо пропорциональная неопределенности самой содержательной теории и ее формализованных аналогов. По мере

формализации теории неопределенность интерпретации уменьшается.

Язык моделирования выполняет в основном предсказательную функцию, однако она реализуется только в результате содержательной интерпретации на языке формальной схемы и естественном языке, т.е. в рамках теоретического описания, содержащего неформализуемые моменты рассматриваемого процесса и теоретические гипотезы о его сущности.

Для моделей большой размерности, оперирующих с множеством переменных с помощью сложного алгоритмически заданного механизма преобразования исходной информации, почти всегда существует неопределенность интерпретации иного рода, а именно невозможность объяснить, как получен в самой модели тот или иной конкретный результат. Разрешение такого рода неопределенностей в интерпретации результатов моделирования производится с помощью специально организованных экспериментов с моделью, разрабатываемых в рамках проблематики теории эксперимента.

Таким образом, при исследовании и прогнозировании объектов социальной природы на каждом уровне общности анализа всегда используются все введенные выше языки описания системы, которые в совокупности реализуют все функции науки – описательную, объяснительную и предсказательную. Средством, объединяющим языки в процессе исследования СЭС, является интерпретация. На каждом языке интерпретируются высказывания, сделанные на других языках, а результаты, полученные на данном языке, интерпретируются на всех языках описания системы. Эта итеративная процедура отражает лингвистический аспект процесса исследования, построения теории и практических методов принятия решений в СЭС.

Однако этот аспект фиксирует отношения языков описания системы относительно только какого-либо одного уровня ее представления. В действительности процедура исследования СЭС включает в себя постоянную смену уровней рассмотрения системы, т.е. процесс исследования включает в себя итеративное движение как по горизонтали – по степеням жесткости языков описания на каждом уровне, так и по вертикали – межуровневый языковой обмен, реализующий многоуровневое описание СЭС.

Естественный язык, наиболее полно отражающий свойства мышления, хорошо приспособлен к многоуровневому отражению действительности. В процессе содержательного описания какого-либо объекта или явления мы легко переходим с уровня на уровень, то обобщая, то детализируя это описание.

Мы не знаем, каков механизм этого процесса, но интуитивная уверенность делает для нас высказывания на разных уровнях обобщения, связанными каким-то внутренним единством и вполне убедительными.

Формальные языки не имеют механизма детализации и обобщения, свойственного естественному языку. Мало того, такой универсальный механизм в принципе не может быть построен, поскольку его логическая структура непосредственно определяется рассматриваемым аспектом изучаемого объекта, сущностью протекающих в нем процессов и целевой установкой исследования. Практически для каждой задачи приходится строить свой метод агрегирования и дезагрегирования информации. Корректная процедура отображения информации о системе на разных уровнях обобщения должна образовывать целостное непротиворечивое многоуровневое описание, отвечающее принципу информационного единства.

Этот принцип может быть представлен в виде ряда свойств межуровневых отношений языков описания системы, в которых формулируются необходимые условия создания механизма перехода с языка одного уровня на язык другого уровня обобщения. Здесь мы касаемся одной из наиболее сложных и ключевых проблем теории языка – проблемы перевода с одного языка на другой. В настоящее время этому вопросу посвящена огромная литература. Сильное влияние в этой области исследований оказали идеи американского философа и лингвиста Н. Хомского [9,10], нашедшие свое наиболее полное воплощение в теории контекстно-свободных языков.

Контекстно-свободные языки – это языки, значение знаков которых не зависит от смысла текста, т.е. от употребления знака. Например, языки программирования можно отнести к одному из классов контекстно-свободных языков. Современное программирование, характеризующееся многоуровневой системой языков, связанных между собой трансляторами, позволяющими переводить программы для ЭВМ с одного языка на другой, широко использует результаты, полученные в рамках теории контекстно-свободных языков и ее наиболее важного раздела – теории формальных грамматик. Вклад этого направления в общую теорию языка не оценим, хотя надежды, которые возлагали на это направление формальной лингвистики, оправдались лишь в незначительной мере.

Для понимания природы языка наиболее сильными оказались негативные результаты этой теории. Прежде всего – это вывод о невозможности построения универсальной грамматики, порождающей любые языки. Этот вывод касается и

наиболее жестких языков – языков программирования. Даже для этих языков проблема перевода текста программы с одного языка на другой оказалась в общем случае алгоритмически неразрешимой. На практике для каждого двух языков приходится строить специальный транслятор, механизм которого полностью определяется особенностью этих языков, их формально-логической структурой. При этом всегда приходится вводить весьма жесткие допущения, в рамках которых логические структуры одного языка программирования интерпретируются логической структурой другого. Обеспечить полную адекватность логики при переходе с одного языка на другой не удастся, перевод делается только с некоторым приближением. Применительно к вопросу многоуровневого описания систем это означает, что не представляется возможным с помощью каких-либо формально-логических средств построить механизм агрегирования и дезагрегирования информации.

Относительно описания системы на языке моделей этот вывод выступает как принцип алгоритмической независимости [11], который утверждает, что при построении системы моделей, реализующей многоуровневое представление какой-либо социально-экономической системы, не может быть прямого программного обращения между моделями разного уровня обобщения. Эта связь должна реализовываться с участием человека, т.е. с применением интуитивно-логических приемов.

Другими словами, человек должен интерпретировать результаты, полученные на одной модели, языком другой модели, осмыслив эти результаты с точки зрения общего представления об исследуемом процессе с учетом неформализуемых факторов, и по результатам этого анализа задать вход в модель другого уровня обобщения. Этот принцип имеет фундаментальное значение в теории моделирования социально-экономических процессов.

Поскольку построить формальный аппарат, обеспечивающий информационное единство многоуровневого описания СЭС невозможно, попытаемся сформулировать некоторые основные принципы, составляющие необходимые условия информационного единства. Начнем с анализа межуровневых отношений наиболее жестких языков в структуре описания СЭС – языков моделирования. Лингвистическая структура языка моделирования представляется набором исходных понятий, т.е. параметров, описывающих состояние и функционирование системы. Каждому параметру соответствует область числовых значений, которые он может принимать в процессе функционирования системы. Отношение параметров системы в про-

цессе ее функционирования и развития задается теорией рассматриваемого процесса. Математические модели теории однозначно фиксируют эти отношения в количественной форме.

В общем случае, модели – это некоторые алгоритмически заданные операторы над набором числовых значений параметров системы, фиксирующих ее исходное состояние. Модель переводит это исходное состояние системы в другие состояния, определяемые другими числовыми значениями параметров.

Особенностью языка моделирования является то, что его логические средства отделены от понятийной структуры, т.е. от знаковой системы, содержащей параметры описания СЭС. В рамках этого языка не образуется новых понятий, здесь все жестко фиксировано. Новые понятия возникают только при теоретической интерпретации результатов моделирования и их специальной обработке, т.е. на уровне теории, которая вносит изменения и вновь жестко фиксирует язык и отношения в своих моделях. Эти особенности определяют и межуровневые отношения языков моделирования.

Представим лингвистическую структуру многоуровневого модельного описания системы в виде взаимосвязанных языков трех уровней:

$$A=\{\alpha_i\}, \dots B=\{\beta_j\}, \dots \Gamma=\{\varphi_k\}. \quad (4)$$

Здесь множества A, B, Γ – словари исходных понятий, соответственно нижнего, среднего и верхнего уровней описания системы. Элементами этих множеств являются параметры описания СЭС $\{\alpha_i\}, \{\beta_j\}, \{\varphi_k\}$ на соответствующем уровне, где $i \in I, j \in J, k \in K, I, J, K$ – число параметров, описывающих систему на каждом уровне обобщения.

Язык $A=\{\alpha_i\}$, реализующий наиболее подробное описание СЭС, назовем базовым языком. Базовый язык реализует уровень подробности описания социально-экономического объекта, на котором может производиться непосредственное определение числовых значений параметров системы объективными методами. Исходным моментом наших рассуждений служит положение о том, что языки всех уровней описания системы являются производными от базового языка. Это означает, что любое понятие в языке вышестоящего уровня основывается на некотором наборе понятий нижестоящего уровня или базового языка.

В межуровневых отношениях языков моделирования эта зависимость выступает в виде формальных правил вычисления численных значений каждого понятия (параметра описания) вышестоящего уровня по числовым значениям соответствующей группы параметров нижестоящего уровня.

Например, исчисление макропоказателей экономики, где в качестве механизма агрегирования выступает стоимость.

Выбор формальных правил перехода с языка одного уровня на другой происходит над моделированием, т.е. в теории, которая из множества возможных отношений выбирает и жестко фиксирует одно. После интерпретации результатов моделирования может производиться коррекция моделей, правил перехода и понятийной структуры языков моделирования.

Все сказанное означает, что информационное единство системы математических моделей, реализующих формальное многоуровневое описание социального объекта, обеспечивается на теоретическом уровне (на языке содержательной теории и формальной схемы) установлением однозначного соответствия между элементами языков и выбором правил преобразований числовых значений элементов языка нижестоящего уровня в числовые значения элементов языка вышестоящего уровня. Другими словами, предполагается установление взаимно однозначного отображения языков разных уровней описания системы и выбор однозначного оператора, реализующего эти отображения.

Такая жесткая однозначность обеспечивает сравнимость результатов моделирования как основу формального анализа динамики изучаемой системы. Запишем эту связь в виде операторного преобразования:

$$S_B : A \rightarrow B, \dots, S_\Gamma : B \rightarrow \Gamma . \quad (5)$$

Предполагается также, что существуют операторы обратного отображения языка верхнего уровня на язык нижних уровней описания СЭС:

$$\bar{S}_B : \Gamma \rightarrow B \text{ и } \bar{S}_A : B \rightarrow A . \quad (6)$$

Из наших рассуждений следует, что и элементы языков разного уровня должны однозначно соотноситься друг с другом, т.е. составляют некоторую последовательность взаимно однозначных отображений:

$$S_{\beta_j} : \{\alpha_{i_j}\} \rightarrow \beta_j, S_{\varphi_k} : \{\beta_{j_k}\} \rightarrow \Gamma_k, \quad (7)$$

$$\bar{S}_{\beta_k} : \Gamma_k \rightarrow \{\beta_{j_k}\}, \bar{S}_{\beta_j} : B_j \rightarrow \{\beta_{j_k}\} .$$

Здесь S_{β_j} и S_{φ_k} – операторы формирования понятий элементов языка В из элементов языка А и элементов языка Г из элементов языка В, а \bar{S}_{β_k} и \bar{S}_{β_j} – обратные отображения элементов выше

стоящих языков в соответствующие множества элементов языков нижестоящего уровня,

$$\text{где } \{\alpha_{i_j}\} \notin \{\alpha_i\} \text{ и } \{\beta_{j_k}\} \in \{\beta_j\} ; \quad (8)$$

$\{\alpha_{ij}\}$ – набор понятий (элементов) базового языка А, соответствующий β_j понятию вышестоящего языка В, то же для $\{\beta_{jk}\}$ и Γ_k .

Поскольку каждому понятию вышестоящего языка соответствует свой оператор прямого и обратного отображения, то операторы взаимно-однозначного отображения языков суть множества:

$$S_B = \{S_{\beta_j}\}, \dots, S_\Gamma = \{S_{\varphi_k}\}, \quad (9)$$

$$\bar{S}_B = \{\bar{S}_{\beta_k}\}, \dots, \bar{S}_A = \{\bar{S}_{\alpha_j}\} .$$

Операторы $S_B, S_\Gamma, \bar{S}_B, \dots, \bar{S}_A$ не являются формальными порождающими грамматиками. Для моделирования СЭС характерно установление соответствия элементов языков разного уровня интуитивно-логическим путем. Эта процедура проводится в рамках частично формализованных теорий на основе формальной схемы изучаемых социально-экономических процессов. Построение взаимно-однозначного соответствия языков разного уровня формального описания СЭС – первое необходимое условие создания многоуровневой системы моделей СЭС.

Когда соответствие элементов языков (7) определено, необходимо установить однозначные правила вычисления числовых значений понятий языков верхних уровней по числовым значениям элементов языков нижестоящих уровней. Для соблюдения принципа информационного единства каждому описанию конкретного состояния системы на языке нижестоящего уровня, т.е. каждому набору количественных значений параметров описания СЭС, должно соответствовать единственное значение параметров описания этого состояния на вышестоящем уровне. Другими словами, должно существовать однозначное отображение состояния системы снизу вверх в принятой иерархии формального описания.

Пусть m – численное значение какого-либо параметра, например $m_{\alpha_j}, m_{\beta_j}, m_{\nu_k}$ для соответствующих уровней описания системы. Тогда должна существовать такая последовательность операторов отображения W , которая ставит в соответствие количественное описание состояния объекта на нижнем уровне количественному описанию этого состояния на вышестоящем уровне:

$$W_B : M_A \rightarrow M_B , \quad (10)$$

$$W_\Gamma : M_B \rightarrow M_\Gamma ,$$

где $M_A = \{m_{\alpha_{ji}}\} \dots \forall i \in I, \dots M_B = \{m_{\chi_{ij}}\} \dots \forall j \in J, \dots M_\Gamma = \{m_{\varphi_k}\} \dots \forall k \in K$ т.е. каждому элементу соответствует свой оператор отображения.

Для каждого элемента вышестоящего языка можно записать:

$$\begin{aligned} W_{\beta_j} : \{m_{\alpha_{ij}}\} &\rightarrow m_{\beta_j}, & (11) \\ W_{\varphi_k} : \{m_{\beta_{jkij}}\} &\rightarrow m_{\varphi_{kj}}. \end{aligned}$$

Выражения (10) и (11) выступают в качестве второго необходимого условия соблюдения принципа информационного единства при построении системы моделей СЭС.

Обратный переход сверху вниз в иерархии описаний СЭС неоднозначен: каждому конкретному количественному описанию состояния системы на языке верхнего уровня соответствует множество описаний этого состояния на языке нижестоящего уровня, т.е. существует оператор обратного отображения \bar{W} , формулирующий множество исходных описаний на языке нижестоящего уровня:

$$\begin{aligned} \bar{W}_B : M_\Gamma &\rightarrow \{M_B\} = \Omega_B, & (12) \\ \bar{W}_A : M_B &\rightarrow \{M_A\} = \Omega_A. \end{aligned}$$

где Ω_B – множество состояний, описанных на языке В, соответствующих единственному состоянию, описанному на языке Г, то же для Ω_A , А и В.

Свойство (12) дает идею количественного обоснования необходимого числа уровней формального описания СЭС. Предположим, что множества Ω_B и Ω_A , характеризующие соотношения языков в нашей трехуровневой системе описания СЭС, известны и что на указанных множествах могут быть введены некоторые меры N_A и N_B , отражающие степень агрегирования и дезагрегирования описания.

Если мера «мала», то система моделей СЭС становится многоуровневой и очень сложной для практического использования. Если же мера «велика», то система моделей становится грубой, нечувствительной по многим определяющим факторам рассматриваемого процесса: при переходе на более высокий уровень обобщения теряется слишком много информации. Эта потеря может быть такой большой, что будет отсутствовать возможность конструктивной интерпретации явления на языках двух соседних уровней.

Практическое построение мер N_A и N_B – задача сложная, и тем не менее анализ междуровневых

отношений в существующих иерархических системах управления говорит о том, что эти системы опытным путем приходят к некоторому рациональному значению соответствующих мер. Здесь мера выступает как необходимый предел чувствительности модели по сравнению с моделью нижестоящего уровня. О величине меры и соблюдении приведенных условий можно косвенно судить по числу ситуаций нижестоящего уровня описания системы, соответствующих одной ситуации вышестоящего уровня описания СЭС. Ниже рассмотрен один из возможных способов установления мер N_A и N_B , путем введения понятия «порог сложности».

Как уже указывалось, каждому элементу языка вышестоящего уровня соответствует свой оператор W , определяемый прежде всего существом изучаемого процесса, природой рассматриваемого параметра, теоретической схемой его зависимости от других параметров и т.п.

Корректность построения оператора W , обеспечивающего соответствие языков представления системы на разных уровнях иерархии описания, может быть проверена с помощью моделей системы.

Пусть M^A, M^B и M^Γ – множества моделей, описывающих функционирование некоторой СЭС соответственно на нижнем, среднем и верхнем уровне обобщения; I_{ex}^A, I_{ex}^B и I_{ex}^Γ – входная информация в модели на языках А, В и Г, описывающая исходное состояние социального объекта; I_{vylx}^A, I_{vylx}^B и I_{vylx}^Γ – результаты моделирования в виде выходной информации, описывающей будущее состояние объекта на языках А, В и Г.

Процессы моделирования представим в виде операторного преобразования входной информации:

$$\begin{aligned} M^A : I_{ex}^A &\rightarrow I_{vylx}^A; \\ M^B : I_{ex}^B &\rightarrow I_{vylx}^B; \\ M^\Gamma : I_{ex}^\Gamma &\rightarrow I_{vylx}^\Gamma. \end{aligned} \quad (13)$$

Информация I_{ex}^B и I_{ex}^Γ получена путем операторного преобразования информации I_{ex}^A , реализованной на базовом языке А:

$$\begin{aligned} W^B : I_{ex}^A &\rightarrow I_{ex}^B; \\ W^\Gamma : I_{ex}^A &\rightarrow I_{ex}^\Gamma. \end{aligned} \quad (14)$$

Тот же оператор может быть использован для преобразования I_{vylx}^A т.е.

$$\begin{aligned} W^B : I_{vylx}^A &\rightarrow I_{vylx}^B; \\ W^\Gamma : I_{vylx}^A &\rightarrow I_{vylx}^\Gamma. \end{aligned} \quad (15)$$

Сравнение результатов, полученных с помощью моделей (13) и агрегированием выходной информации $I_{вых}^A$ (15), позволяет сформулировать необходимое условие соответствия описаний на языках разного уровня обобщения:

$$\begin{aligned} \left| I_{вых}^B - I_{вых}^A \right| &\leq \varepsilon_{доп}^B; \\ \left| I_{вых}^\Gamma - I_{вых}^A \right| &\leq \varepsilon_{доп}^\Gamma. \end{aligned} \quad (16)$$

где $\varepsilon_{доп}^B$ и $\varepsilon_{доп}^\Gamma$ – допустимые отклонения значений параметров состояния системы при переходе с языка А на язык В и с языка В на язык Г.

Здесь предполагается, что система моделей, отражающая функционирование СЭС на разных уровнях обобщения, адекватно отображает изучаемые процессы на этих уровнях, и модели теоретически согласованы между собой.

Параметры $\varepsilon_{доп}^B$ и $\varepsilon_{доп}^\Gamma$ определяются мерами N_A и N_B , т.е. степенью обобщения описания СЭС на верхнем уровне по сравнению с нижестоящим. На практике согласование моделей и построение оператором W проходит обычно одновременно. Поскольку в формальном описании СЭС оператор W осуществляет функции осреднения информации, то в большинстве случаев использует для этого модели нижестоящего уровня, т.е.

$$\begin{aligned} WB : \left\{ I_{вых}^A, M^A \right\} &\rightarrow I_{вых}^B; \\ W\Gamma : \left\{ I_{вых}^B, M^B \right\} &\rightarrow I_{вых}^\Gamma. \end{aligned} \quad (17)$$

В этом случае выражение (17) служит условием одновременного согласования информации и моделей в иерархии формального описания СЭС. Иногда построение оператора преобразования W оказывается очевидным и логически ясным, например, для осреднения каких-либо статистических данных применима операция математического ожидания. Тогда выражение (17) служит условием согласования моделей системы. Может встречаться и обратное явление, когда согласование моделей не представляет труда, а построить формальный оператор агрегирования не удастся. В этом случае выражение (17) служит условием и ориентиром при интуитивно-логическом обобщении информации.

Выражения (5) – (16) составляют необходимые условия информационного единства многоуровневого формального описания социальных систем и необходимые условия построения систем их моделей. Информационное единство формального описания СЭС и согласование моделей раз-

ного уровня обобщения обеспечивается прежде всего единством теоретического представления социального объекта.

Отметим, что полностью формализованной теории СЭС построить невозможно. Речь может идти только о частичной формализации. Степень возможной формализации теории определяется свойствами рассматриваемого социально-экономического процесса и полнотой знаний об определяющих его закономерностях. Примером такой частичной формализации могут служить теоретические построения на основе формальной схемы СЭС. В отличие от языка моделирования, где информационная и логическая структуры четко разграничены, язык теории представляет собой неразрывное единство содержательной, информационной и логической сторон, отражающих сущность изучаемого явления.

Теория не изоморфна изучаемому объекту. Она имеет дело с определенными классами объектов, на которых определены некоторые отношения, т.е. объектом теории являются абстрактные системы, определяемые набором исходных понятий. Построение теории – это построение совокупности правил преобразования над набором этих исходных понятий.

Любая теория – это абстрактная иерархическая система, где уровень иерархии определяется степенью обобщения или степенью абстрагирования в описании уровней иерархии в структуре реального объекта. В процессе теоретического восхождения по уровням абстракции порождаются новые понятия и новые гипотезы, составляющие основу языка каждого следующего уровня абстракции. На каждом таком уровне формируются и свои логические средства, которые могут не иметь аналогов на нижестоящем уровне теоретического представления объекта, т.е. не интерпретируются на языке этого уровня. Отношения языков многоуровневого теоретического описания социального объекта – это прежде всего отражение процессов обобщения и детализации в процедурах построения теорий.

Теория, как аксиоматическая, так и концептуальная, является абстрактным гипотетическим построением, отражающим представление исследователя о существовании изучаемых процессов. Каждому социальному объекту может соответствовать неограниченное множество теорий. Отличия этих теорий друг от друга могут быть порождены различием мировоззренческих установок исследователей или различием концептуальных оснований в представлении механизма процесса, т.е. различием исходных гипотез и целевых установок исследователя.

дований, методов получения, обработки и интерпретации информации о процессе и т.п.

Каждая из возможных теорий может иметь множество своих моделей, которые являются конкретной, предметной интерпретацией теории. При построении теорий СЭС модели служат для проверки гипотез, их уточнения и обоснования. Упрощенную процедуру отношения объекта, теории и модели в процессе построения теории можно представить как выдвижение исходной гипотезы о сущности и механизме функционирования объекта, ее содержательное теоретическое представление, выделение формализуемых компонентов теории, построение моделей этих компонентов, сравнение результатов моделирования с эмпирической информацией, выяснение причин расхождений, уточнение исходной гипотезы и теории, построение новых моделей и т.д. Этот итеративный процесс, включающий критический анализ теории, ее проверку на логическую непротиворечивость и на соответствие эмпирическим данным, собственно, и составляет сущность научного исследования СЭС.

Язык теории полиморфен. Этот полиморфизм отражает степень логической ясности и непротиворечивости теории. По мере развития теории и приведения ее к преимущественно дедуктивной форме, т.е. к предельно возможной степени формализации, полиморфизм языка теории уменьшается. Другими словами, по мере формализации язык теории сдвигается на семантической шкале языков в сторону уменьшения количества априорных смысловых значений своих понятий.

При формализации содержательной теории не ставится вопрос о ее формальной непротиворечивости. Здесь математические структуры служат для более компактной записи основных положений теории. Высказывания, сделанные на математическом языке, должны обладать, прежде всего, интуитивно-содержательной убедительностью, что и является их обоснованием. Математика формализует язык содержательных высказываний, структурирует его, но сами высказывания могут иметь априорные, интуитивные основания. За символами всегда стоят понятия, характеризующиеся функцией распределения их смыслового содержания.

Процедура построения модели – это, прежде всего, переход к однозначности понятий и их отношений, представленных в содержательной теории в неопределенной форме, т.е. это резкое сужение функций распределения смысла понятий и смысла их преобразований, которые затем однозначно отражаются в модели.

Заключение

Перечисленные особенности языков теории позволяют утверждать, что говорить о каких-либо формальных принципах информационного единства многоуровневого теоретического описания социальных объектов можно только при достаточной большой степени формализации теории.

Возможность выделения в теории строго формальных отношений математического моделирования изучаемых процессов является, прежде всего, показателем уровня знаний в данной области и степени разработанности теории. Это находит свое выражение и в системе языков, применяемых в науке об этой области. Чем больше мы знаем об объекте, тем более совершенную теорию можем построить и тем больше языков применить в этой теории и ее моделях. Другими словами, чем совершеннее теория, тем больший отрезок на семантической шкале языков она использует.

Механизмом, обеспечивающим информационное единство при переходе с одного языка на другой в процессе теоретического представления системы, является взаимная интерпретация высказываний на всех применяемых языках. Непротиворечивость (в содержательном смысле) теории и соблюдение информационного единства иерархии описаний ее объекта могут быть проверены только на соотношении формальных языков этого описания. Если теория построена корректно, ее многоуровневое формальное представление должно отвечать условиям (5) – (17).

Литература

1. Вебер М. Избранные произведения. М. 1990. С.13-14, 19-20.
2. Витгенштейн Л. Логико-философский трактат. М.: Изд-во Иностран. лит. 1958. 133 с.
3. Гинзбург С. Математическая теория контекстно-свободных языков. М.: Мир. 1970. 328 с.
4. Гросс М., Лантен А. Теория формальных грамматик. М.: Мир. 1971. 296 с.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир. 1976. 165 с.
6. Налимов В.В. Вероятностная модель языка. М.: Наука. 1979. 304 с.
7. Фрейденталь Х. Язык логики. М.: Наука. 1969. 136 с.
8. Фреге Г. Логика и логическая семантика. М.: Аспект пресс. 2000.
9. Хомский Н. Логические основы лингвистической теории // Новое в лингвистике. М.: Прогресс. 1965. Вып. 4. С. 465–576.

10. Хомский Н. Язык и мышление. М.: Изд-во МГУ. 1972. 121 с.
11. Цыгичко В.Н. Прогнозирование социально-экономических процессов / Предисл. Д.М. Гвишиани. Изд. 3-е. М.: Книжный дом «Либроком»/URSS. 2009. 240 с.
12. Цыгичко В.Н. Руководителю о принятии решений / Предисл. В.А. Лефевра. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: КРАСАНД. 2010. 352 с.

Цыгичко Виталий Николаевич. Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Количество печатных работ: более 200 (в т.ч. 10 монографий). Область научных интересов: математическое моделирование социально-экономических процессов, теория принятия решений, системный анализ. E-mail: vtsygichko@inbox.ru

Language decision-making environment in socio-economic systems

V.N. Tsygichko

Federal State Institution “Federal Research Center” Computer Sciences and Control” of the Russian Academy of Sciences”, Moscow, Russia

Abstract. The article deals with the problem of the relationship of languages for a multilevel description of socio-economic systems and formulates the conditions for their informational unity.

Keywords: *languages, information unity, hierarchical organizational systems, control, structure, probability, model.*

DOI: 10.14357/20790279220305

References

1. *Veber M.* 1990. Izbrannye proizvedeniya. Moscow: P. 13-14 19-20.
2. *Vitgenshtein L.* 1958. Logiko-filosofskiy traktat. Moscow: Inostr. Lit. 133 p.
3. *Ginzburg S.* 1970. Matematicheskaya teoriya kontekstno-svobodnykh yazykov. Moscow: Mir. 328 s.
4. *Gross M., Lanten A.* 1971. Teoria formalnykh grammatik. Moscow: Mir. 296 p.
5. *Zade L.* 1976. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy I yego primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh resheniy. Moscow: Mir. 165 ps.
6. *Nalimov V.V.* 1979. Veroyatnostnaya model yazyka. Moscow: Nauka. 304 p.
7. *Freydental Kh.* 1969. Yazyk logiki. Moscow: Nauka. 136 p.
8. *Frege G.* 2000. Logika i logicheskaya semantika. Moscow: Aspent press.
9. *Khomskiy N.* 1965. Logicheskiye osnovy lingvisticheskoy teorii // Novoye v lingvistike. Moscow: Progress. Vyp. 4. S. 465-576.
10. *Khomskiy N.* 1972. Yazyk i myshleniye. Moscow: MGU. 121 p.
11. *Tsygichko V.N.* 2009. Prognozirovaniye socialno-ekonomicheskikh processov [Prediction D. M. Gvishiani] Moscow: the LIBERCOM Book House. 240 p.
12. *Tsygichko V.N.* 2010. Rukovoditel'yu o prinyatii resheniy [Predisl. V. A. Lefevr. Izd. 3-e, pererab. i dop.] Moscow: KRASAND. 352 p.

Tsygichko V.N. Professor, “Federal Research Center “Computer Sciences and Control”, Russian Academy of Sciences”, Moscow, Russia. E-mail: vtsygichko@inbox.ru