

## ВЗГЛЯД НА МЕТОДОЛОГИЮ СИНТЕЗА КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ И УПРАВЛЕНИЯ ИМИ С ПОЗИЦИЙ ТРАНСДИСЦИПЛИНАРНОГО ПОДХОДА

Фаянс А.М.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия*

alfayans@mail.ru

*Аннотация. Представлено применение трансдисциплинарного подхода для определения места крупномасштабных систем в целостной картине мира, процедур синтеза таких систем и методов управления ими. Выделены ключевые моменты, касающиеся специфики рассматриваемых систем. Определена совокупность задач, решение которых определяет соответствующую методологию, показаны источники богатства методов.*

*Ключевые слова: Крупномасштабные системы, трансдисциплинарный подход, методология.*

### Введение

Традиционный подход к исследованию методов синтеза и управления крупномасштабными системами (КС) состоит в рассмотрении особенностей или групп особенностей таких систем, выявления и использования методов, пригодных к использованию для достижения требуемых целей (как правило, исходя из интуиции и накопленного опыта, в том числе в других областях знаний).

В результате формируется своеобразное «лоскутное одеяло», не дающее целостное представление о рассматриваемых системах, их взаимосвязей с другими сферами деятельности и относящихся к этим сферам методологиям.

Отсюда вытекает актуальность систематизации множества методов, известных в различных областях, в частности, специальных методов, применимых в области КС и выработки соответствующей методологии (согласно [1] методология это «учение об организации деятельности»). Как следствие, возникает необходимость выработки конструктивного подхода, формализуемого в максимально достижимой степени, позволяющего сформировать целостную, логически обоснованную картину мира, выявить место в ней любых систем (в частности, КС), установления связанных с ними задач и методов их решения.

Вариант такого, по сути трансдисциплинарного, подхода (далее кратко обозначенный, как Подход), был разработан в ИПУ РАН.

Целью настоящей работы является демонстрация перспективности применения упомянутого Подхода для выявления места КС в целостной картине мира, построения онтологии таких систем и методов управления ими. Упорядоченная связная совокупность используемых методов и образует методологию КС.

Работа разбита на ряд разделов. Первый раздел посвящен краткому представлению Подхода и ряду результатов его применения. Во втором разделе рассматривается понятие КС, использование технологии Подхода для выявления места КС в целостной картине и выделения его ключевых характеристик. Материал третьего раздела отражает основные методы построения и функционирования КС через методы решения задач, возникающих в рамках рассмотрения упомянутых характеристик, и комбинирования этих методов. В заключении представлены основные результаты исследования.

### 1. Подход. Краткое представление

Используемый Подход представляется собой принципы формирования целостного, научно обоснованного мировоззрения. Первоначально Подход, основные характеристики которого более подробно представлены в [2, 3], предполагалось использовать для исследования фундаментальных понятий, выработки соответствующих определений и формирования онтологий таких понятий. Развитие Подхода позволило распространить его на исследование процедур синтеза и обеспечения существования различными объектами, в частности, путем управления.

Подход предусматривает выполнение четырех этапов:

- 1) выявление сути понятия и ее формулирование в терминах однозначно толкуемых понятий;
- 2) родовое обобщение – неоднократный логически обоснованный переход к более общему уровню, предусматривающего исключение из указанных в исходной формулировке менее существенных признаков при условии применимости возможностей родового уровня к видовым по отношению к нему уровням. Эта процедура, в частности, предусматривает выделение совокупности понятий,

являющихся причиной появления исходного понятия. При родовом обобщении в дальнейшем в поле зрения остаются все варианты родовых уровней в их целостной взаимосвязи;

3) Рассмотрение открывающихся возможностей на высших из достигнутых уровней обобщения;

4) Движение «вниз» - перенос возможностей, выявленных на родовых уровнях, на подчиненные ему по иерархии (видовые) уровни с добавлением возможностей, обусловленных спецификой видовых уровней.

Следование технологии Подхода ранее позволило установить конструктивную связь исследуемых объектов с философскими понятиями «Всеобщее» (целостное, способное к внутренним изменениям, отличное от которого не существует [2]) и «единичное» (отличное от прочего), сформировать целостную мировоззренческую картину, включающую в себя иерархию видов единичных, указать место и выработать однозначно толкуемые отличительные признаки (а, следовательно, и формулировки) таких фундаментальных понятий, как «творчество», «смысл», «задача», «метод решения задачи», сформировать онтологию общих методов решения задач. При этом место задачи в целостном построении определяется последовательностью: Всеобщее → единичное → действующее (активное) единичное → осознание → осмысление → задача [3]. Среди общих методов выделяются методы комбинирования, реализуемые в форме соединения, взаимодействия (симбиоза) и взаимопроникновения (синергии).

Используя Подход, удалось сформировать полный перечень этапов, связанных с задачей и ее решением: а) осознание потребности, б) постановка задачи, в) проектирование (выработка метода решения), г) определение средств реализации метода (включая определение перечня необходимых ресурсов и их объемы), д) реализация метода, е) эксплуатация метода, ж) сбор, анализ и осмысление результатов эксплуатации метода, включающее выявление новых потребностей и формулировку новых задач з) сохранение информации о задаче, методе решения и результатах его применения для последующего использования. Решение каждой задачи представляет собой шаг на пути развития сообщества мыслящих субъектов.

Построения, реализуемые в рамках Подхода, носят открытый характер, теоретически допускающий формирование счетного множества выявляемых единичных. Следование указанным этапам позволяет выявить истоки происхождения тех или иных понятий, определить место этих истоков в целостном построении, сформировать однозначно толкуемые определения понятий и, проверяя их на непротиворечивость, выявлять возникающие противоречия и разрешать их.

Так рассмотрение с позиций Подхода позволило определить *формализацию*, как возможность реализуемости операций с единичными путем использования конечных автоматов (основой чего является однозначность используемых толкований), а *данные* – как формализованные сведения (неформализуемыми, например, является ряд сведений, относящихся к духовному миру и несущих на себе оттенок индивидуальности).

Сказанного достаточно, чтобы перейти к рассмотрению КС с позиций Подхода.

## 2. Определение КС и его анализ на основе Подхода

КС традиционно определяются, как «класс сложных (больших) систем, характеризующихся комплексным (межотраслевым, межрегиональным) взаимодействием элементов, распределённых на значительной территории, требующих для развития существенных затрат ресурсов и времени» [4].

Путем поэтапного отсека менее значимых признаков, приходим к родовому признаку высшего уровня обобщения этого класса: искусственная (специально сформированная субъектом или субъектами для удовлетворения возникшей потребности) система («совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство» [5]). При этом возникают задачи, актуальные для любых искусственно образованных единичных: создания, обеспечения их существования в требуемом режиме функционирования, ликвидации в случае необходимости в рамках априори заданных и, возможно, впоследствии корректируемых ограничений на сроки создания, существования и ликвидации, а также определение затрат, необходимых для решения этих задач, и выделения соответствующих средств. Методы решения этих задач полностью отвечают общим методам решения любых задач [3].

Место понятия «система» в целостной картине определяется последовательностью (здесь представленной в упрощенном виде): Всеобщее → единичное → множество единичных → связь (взаимосвязь) единичных → целостная совокупность связанных (взаимосвязанных) единичных.

Остальные признаки можно рассматривать, как результат конкретизации, уже применяемой к понятию «система». Хотя часть из них указана в приведенном выше определении, но она явно

требует расширения. Так в традиционном определении размер указывается в качестве уточнения понятия сложности, хотя это независимые понятия, равно, как и комплексность, межрегиональность и межотраслевой характер. В определении также указываются ограничения на затраты, производимые исключительно в целях *развития* КС, что явно недостаточно, поскольку при этом упускаются процессы создания, обеспечения функционирования и ликвидации системы, которые применительно к КС также требуют значительных затрат.

Вместе с тем, признаки, указанные в качестве конкретизирующих, могут выступать в качестве самодостаточных понятий (например, сложность), имеющие собственное место в целостной картине. В этом случае логичней было бы говорить не о конкретизации, а о комбинировании понятий.

Анализ позволяет выявить полный перечень признаков КС, который включает в себя следующие обозримые, конкретизирующие, независимые или находящиеся в иерархическом подчинении признаки, находящиеся между собой в конъюнктивных (соединительных) отношениях. Это *многоаспектность целей* и, следовательно, их множественность со своими внутренними связями, *сложность* (согласно ГОСТ Р МЭК 61513-2011 «свойство системы или компонента, имеющих устройство, исполнение или поведение, трудные для понимания или верификации со стороны субъекта» [6]); *значительный размер системы* (наличие огромного числа элементов и связей); как динамическое, так и статическое *взаимодействие* элементов (существенное взаимное влияние элементов друг на друга или их полное слияние); *комплексность* (полнота, системность рассмотрения [7]); *многообразие продолжительностей жизненных путей*, относящихся как к системе, так и к ее элементам и связям (здесь под жизненным путем понимается последовательность этапов: появление определенного единичного, развитие, существование, деградация или модернизация, исчезновение); *межотраслевой характер* (характеристики элементов относятся к разным отраслям деятельности); *разбросанность* элементов системы на значительной территории, и, как частный случай разбросанности их *межрегиональный характер* (особенности элементов отражают специфику разных регионов и развитых в них видов деятельности); существенные финансовые, материальные и людские (духовные мыслительные) *ресурсы*, требуемые для создания, функционирования и ликвидации таких систем; существенные *затраты времени* на создание и обеспечение функционирования КС (при этом размеры выделяемых затрат ограничены ресурсами, выделенными на нужды КС, имеющимися возможностями и целесообразностью их выделения, исходя из имеющейся потребности); *многообразие внутренних и внешних факторов* (случайных, устанавливающих степень неопределенности в системе, и регулярных), препятствующих желаемому функционированию процессов создания и обеспечения существования системы.

Упоминание деятельности в перечне признаков отражает активное участие человека и/или коллективов в качестве элемента или элементов КС. Одной из причин этого является необходимость определения субъектов, несущих ответственность за принимаемые решения, способных, в отличие от роботизированных систем, руководствоваться, в том числе, и неформализуемыми сведениями (в частности интуитивными).

Приведенная совокупность признаков позволяет однозначно определить понятие КС. Полнота перечня признаков в соединении с полнотой этапов жизненного пути является основанием для выявления связанных между собой задач, решение которых обеспечивает соответственно создание КС, обладающей требуемой функциональностью при заданных ограничениях, обеспечение ее существования, а также ликвидацию. Управление является при этом только одним из возможных путей решения упомянутых задач (здесь, управление – «активность, направленная на достижение определенной цели», для мыслящих субъектов, проявляемая, как практическая осмысленная деятельность [8], а для автоматов, в частности, роботов, - строгое следование полностью формализованным процедурам)<sup>1</sup>.

Потребность, вызывающая к жизни КС, носит стратегический, долговременный характер. В этом состоит ее отличие от тактических (среднесрочных) и оперативных (краткосрочных) потребностей. Указанный аспект приводит к необходимости рассмотрения на всех этапах жизненного пути КС соответствующей иерархии, в рамках которой потребности нижерасположенных уровней обязательно

<sup>1</sup> Все факторы, выделенные в тексте курсивом, отражают определенные реперные точки, необходимые для анализа целостной конструкции. В реальности эти факторы выступают в единстве, комбинируя друг с другом в различных формах и порождая упомянутую выше сложность. Опора на реперные точки позволяет навести определенный порядок в общей картине, указать место тех или иных составляющих построения, выстроить искомую методологию.

учитывают потребности вышерасположенных уровней, потребности, возникающие на том же уровне и, возможно, потребности, появляющиеся на нижерасположенных уровнях.

Соответственно, условия, в которых возникает стратегическая потребность, должны быть или стационарны, или допускать несущественные вариации, не приводящие к исчезновению потребности или блокирующие целесообразность ее реализации. Эти условия могут определяться географическими, долговременными политическими или иными соображениями. Только в этом случае расходование значительных средств и ресурсов становится оправданным. Ошибки или просчеты при оценке упомянутой стационарности в этом случае могут быть фатальными для судьбы КС и для оправданности понесенных затрат (характерный пример – «Северный поток»).

Относительно тактических потребностей вполне допустимы и их более значительные вариации, которые, приводя к определенным потерям, тем не менее, находятся в рамках допустимых значений. Что касается оперативных потребностей, то условия их возникновения и удовлетворения могут различаться весьма существенно и вполне могут удовлетворяться, не требуя слишком значительных затрат (с точки зрения общих ресурсов, требуемых на нужды КС).

Следствием сказанного является особая значимость фактора ответственности за принимаемые решения (и, соответственно, за характер используемых методов), причем этот фактор тем значимее, чем выше уровень иерархии решаемых задач. Следствием этого является обязательное наличие человека в качестве элемента КС, на стратегическом и тактическом уровнях. На оперативном уровне такое наличие не является обязательным при условии полной формализации соответствующих процессов в соответствующей подсистеме КС. Использование человеческого ресурса допускает как использование жесткой организационной иерархии, так и коллективных методов выработки взглядов и принятия решений. В последнем случае речь идет о методах эвергетики [9]. Первые являются более скоростными, но менее эффективно используют творческую инициативу, вторые – наоборот.

Таким образом, создание и функционирование КС требует стратегическое, тактическое и оперативное распределение и перераспределение выделяемых ресурсов, осмысленной корректировки сроков решения задач для повышения эффективности использования результатов решения до, если не оптимального, то приемлемого уровня. Эта необходимость выдвигает на первый план *задачу координации* постановок задач, решаемых в рамках КС, методов их решения, требуемого уровня надежности и временных характеристик, выбора средств и установления сроков реализации этих методов. Указанная задача присуща всем уровням иерархии.

Особая значимость комбинирования задач и, соответственно, методов их решения приводит к необходимости их ранжирования. Самым простым и энергетически наименее эффективным является простое совмещение разных методов в рамках рассматриваемой структуры, гораздо более эффективен симбиоз (взаимное дополнение) разных методов, отделимых друг от друга. Самым эффективной следует признать синергию (взаимопроникновение), при которой исходно разные методы образуют неразрывное целое в рамках единой структуры, и это целое обретает новое функциональное качество при минимальных дополнительных затратах.

Перечисленные особенности потенциально могут быть использованы для синтеза, обеспечения функционирования многих, не обязательно крупномасштабных систем, но для последних они особенно значимы. Применяя предусмотренную Подходом процедуру, перейдем к методам, отвечающим перечню конкретизирующих признаков, приведенным в начале раздела.

### **3. Методы, отвечающие требованиям к КС**

Еще раз отметим, что представленные в разделе методы не являются исключительной принадлежностью КС; задачи, решаемые с помощью этих методов, могут качественно различаться. Объединяющее начало – наличие в постановке признака, указанного в заголовке подраздела.

#### **3.1. Методы, учитывающие многоаспектность целей**

Потребность, обуславливающая необходимость реализации КС, характеризуется множеством аспектов: от экономических, материальных до духовных, отражающих политические и социальные реалии. Каждый аспект, в свою очередь, порождает свою, частную потребность и соответствующую цель, свою постановку частной задачи и методы решения этой задачи (разделяемы на общие и специальные методы, где последние учитывают специфику данной задачи).

Технология Подхода предполагает выявление упомянутых аспектов и рассмотрение всех соответствующих задач в связной совокупности. Первым шагом при этом является выявление путей решения каждой из этих задач в отдельности, а на втором шаге или отфильтровываются методы, вступающие в противоречие с методами решения других задач, или осуществляется их модификация

с целью снятия установленных противоречий. После этого становится возможным комбинирование рассматриваемых задач и методов для удовлетворения исходной потребности.

Необходимость решения комплекса частных задач КС при действующих ограничениях на объем доступных ресурсов вызывает потребность в нахождении оптимального (или квазиоптимального) комбинирования методов, используемых при решении частных задач КС, на основе их параметрической и структурной настройки.

Процедуры выявления искомым оптимальных соотношений с очевидностью родственны задачам и, следовательно, процедурам многокритериальной структурной и параметрической оптимизации. Систематизация последних в случае необходимости может быть выполнена с позиций Подхода. Но для практического применения, как правило, достаточно и накопленного в этой области опыта, из которого отметим а) приведение многокритериального поиска к однокритериальному с использованием весов, отвечающих значимости каждого критерия и б) аналоги парето-оптимизации [10], предусматривающие оптимизацию по каждому отдельно взятому критерию при отсутствии ухудшений (или незначительных ухудшениях) остальных. Особенность последних состоит в выделении приемлемого множества вариантов (парето-множество), из которых окончательный вариант выбирается человеком или соответствующим коллегиальным органом.

### 3.2. Методы, учитывающие сложность КС

Преодоление трудностей, связанных с пониманием или верификацией, возможно на двух путях.

Первый путь – осознание и осмысление, опирающееся на целостный взгляд на сложную систему во всем многообразии действующих в ней элементов и связей (в частности, взаимосвязей). Это путь познания, требующий значительных интеллектуальных ресурсов и соответствующих затрат. Особенность результата следования по этому пути – логическая прозрачность используемых процедур, в силу чего принятие решений в проблемных ситуациях нетрудно обосновать. При этом обязательным условием является качество и полнота выполняемых исследований.

Второй путь – использование всевозможных моделей, требующих при создании и использовании существенно меньших ресурсов, чем при следовании по первому пути. Требуемые при этом модели могут носить характер либо аналогов (технических, биологических или иных), либо вычислительных процедур, существенно использующих накопленный опыт (в том числе, статистически обработанный). Примерами последних служат системы искусственного интеллекта, построенные на основе нейросетей или на иных принципах. Особенность второго пути – необходимость дополнительных действий, связанных с принятием на основе моделирования ответственных решений (волеаристически, интуитивно, посредством коллективных обсуждений методами эвергетики, как правило с использованием сравнительного анализа для обоснования принимаемых решений).

Выделение указанных путей является, конечно, идеализацией. В реальности имеет место комбинирование этих путей и отвечающих им частным методам. В процессе комбинирования должны учитываться имеющиеся реалии: стратегический, тактический или оперативный уровень решаемой задачи, степень значимости задачи в КС, ресурсы, выделяемые на решение задачи, степень формализуемости метода и т.п.

### 3.3. Методы, учитывающие значительный размер КС

Методы, относящиеся к КС, с точки зрения Подхода образованы связями, взаимосвязями, взаимопроникновениями методов решения разных задач вследствие использования процедур комбинирования. При этом и субъекты, и технические средства, привлекаемые для решения этих задач, в рамках КС пространственно значительно разнесены. Также могут существенно различаться формы представления данных и процедуры их обработки, наиболее целесообразные для решения актуальных задач. Вследствие сказанного, при огромных объемах постоянно пополняемых данных налицо возникновение потребности преодоления этого многообразия. Основанием для такого суждения является тот факт, что обеспечение интерфейса между этими формами и процедурами требует существенных затрат в условиях существенных ограничений на время и ресурсы.

Путь удовлетворения этой потребности идентичен пути, присущему технологии *больших данных* (точнее, технологии оперирования чрезвычайно большой по объему совокупностью разнообразных по форме данных, поступающих с большой скоростью в пространственно разнесенную систему сбора, хранения и обработки и, вследствие этого, требующей использования нетрадиционных методов [11]). Этот путь предусматривает максимальное размещение нестандартных процедур в местах сбора, хранения или обработки информации при едином стандарте процедур обмена, не привязанных к форме хранения данных. Вследствие сказанного упомянутые процедуры с

необходимостью должны оперировать минимальными информационными единицами, представленными в универсальной форме и несущими конкретную описательную (в частности, смысловую) нагрузку.

С высказанной точки зрения, конструкция информационной поддержки КС занимает промежуточное положение между конструкциями, требуемые для решения задач, ниже по рангу КС, для которых вполне приемлемы традиционные процедуры хранения и обработки данных, и глобальными информационными сетями, для которых уже необходима технология «больших данных». Что касается КС, то для них приемлема технология совмещения и традиционной технологии в сочетании с технологией «больших данных» для оперирования оперативными, тактическими и стратегическими данными.

Соображения, касающиеся применения процедур с данными, отвечающими значительному размеру КС, во многом идентичны соображениям, высказанным в подразделе 3.2.

### 3.4. Методы, учитывающие связи и взаимосвязи элементов КС

Элементы, образующие КС, являются независимыми только в определенной степени. На их функционирование, как правило, существенное влияние оказывает функционирование и других элементов, с которыми может иметь место и взаимозависимость. Степень этого влияния первоначально определяется в процессе проектирования структуры КС и может корректироваться в зависимости от складывающихся обстоятельств.

Методы, относящиеся к данному подразделу, предусматривают построение онтологии задач, образующих проектируемую систему, и модифицируемую в процессе ее реализации и функционирования. Здесь онтология определяется согласно [12], как «модель, которая представляет вещи и отношения между ними, актуальные для определенной цели». В этой модели явно и предельно полно прописываются сами задачи, методы их решения, средства, используемые для реализации этих методов, в совокупности образующие КС, а также влияния и взаимовлияния через связи между всеми вышеперечисленными элементами, учитывая возможность их взаимопроникновения и перекрестного использования. Так, например, одинаковые процессы оптимизации и моделирования могут использоваться в процессах, отвечающих различным задачам, каждая со своими критериями. Сказанное можно отнести и к процессам согласования решений, преодолению возможных (например, транспортных) коллизий и т.п.

Недостаточный учет и даже игнорирование таких связей, как правило, существенно увеличивает затраты на создание и функционирование КС, неоправданно дублируя те или иные структурно идентичные компоненты, приводя к неоправданному увеличению требуемых ресурсов. Более того, следствием недостаточного учета может стать возникновение конфликтных ситуаций, усложняющих реализацию требуемого функционала КС.

Использование онтологий делает наглядными требуемые связи и позволяет не пропустить их при выработке методов решения задач, решаемых в рамках отдельных элементов, по крайней мере, используя их в качестве ограничений.

### 3.5. Методы, учитывающие комплексность КС

Приведенное выше толкование комплексности, как сочетание полноты и системности рассмотрения (в части задач проектирования, выявления средств реализации, собственно реализации и эксплуатации), приводит к выводу, что следование технологии Подхода собственно и является методом, который гарантирует обеспечение комплексности решения, что, в частности, относится и к КС.

### 3.6. Методы, учитывающие сроки длительности жизненных путей элементов КС и их многообразии

Согласованное функционирование всего комплекса элементов КС и решаемых ими задач, учитывая их принадлежность стратегическому, тактическому или оперативному уровням с необходимостью приводит к ранжированию потребности в необходимой длительности функционирования в требуемом режиме отдельных элементов и их связей. Наивысшие требования по сроку функционирования предъявляются к задачам, носящим стратегический характер, менее строгие – к тактическим задачам, самые мягкие – к оперативным задачам. Сочетание упомянутого ранжирования с множественностью элементов и связей в КС порождает многообразие их жизненных путей от появления до полного нарушения выполнения ими своих запланированных функций и исчезновения в этом смысле.

Соответствующие методы полностью вписываются в методы контроля (обнаружение нарушений в режиме функционирования), диагностики (выявления причин обнаруженных нарушений), выработки мер по устранению выявленных причин. Последним полностью отвечают методы, рассматриваемые в подразделе 3.10, поскольку нарушение в режиме функционирования в полной мере можно отнести к мешающим факторам. Но если для элементов оперативного уровня вполне допустима их полная замена, то для элементов тактического уровня уже целесообразна их коррекция. Нарушения же на стратегическом уровне фактически требуют либо отказа от реализации КС, либо кардинальное изменение концепции КС с переориентацией ее на новые условия.

### 3.7. Методы, учитывающие межотраслевой характер КС

Подход рассматривает различные отрасли, как идеализированные частные разновидности единичных. В реальности границы между отраслями сильно размыты, а сами отрасли не покрывают все множество потенциально возможных вариантов производственной деятельности, особенно если иметь в виду процедуры комбинирования идеализированных отраслей. Поэтому точнее было бы говорить о трансотраслевом характере КС, имея в виду возможности выхода за пределы любых отраслей, в частности, за счет их тесного взаимодействия и даже взаимопроникновения.

Исторически сложилось так, что каждая отрасль имеет свою познавательную, в частности, научную, специфику, особенности используемых методов и средств, специфику организации. Следование же Подходу позволяет указать не только место той или иной отрасли в целостном построении, но также высветить и присущие этой отрасли методы и средства в тесной связи с методами и средствами, действующими за пределами этих отраслей.

В значительной степени отраслевая специфика проявляется в способе ведения организационной и научной деятельности, т.е. деятельности, связанной с человеком и сообществами людей. Поэтому основные проблемы возникают именно при коммуникации представителей разных отраслей. Поэтому методы, учитывающие межотраслевой характер КС, являются в основном методами коммуникаций, среди которых следует выделить методы эвристики [9], направленные на гармонизацию усилий по реализации целей КС на всех уровнях. В роли участников таких коммуникаций могут выступать как непосредственно производители и потребители, так и посредники.

### 3.8. Методы, учитывающие значительную территориальную разбросанность элементов КС и, как важный частный случай, межрегиональный характер КС

Традиционно методы, указанные в заголовке подраздела, отвечают методам логистики – науки об оптимальном управлении дискретными и непрерывными потоками в производстве товаров и услуг [13]. Здесь сознательно дана ссылка на упрощенное толкование логистики, хотя имеются и более развернутые толкования, например, в [14]. Полный анализ методов логистики может быть выполнен с позиций Подхода; в данном случае в этом нет необходимости.

Укажем только, что традиционно соответствующие методы предусматривают использование схемы доступных транспортных потоков и их характеристики, которые в контексте данного подраздела, носят территориальный характер, с последующей оптимизацией этих потоков по различным критериям, например, по длине плеча доставки или размеру затрат на его использование.

Из сказанного с необходимостью следует комбинированный характер задач и, соответственно, методов их решения, учитывающих территориальную разбросанность элементов КС. Значительный размер этой разбросанности только увеличивает необходимость оптимизации, ибо использование неоптимизированных решений способно привести к неоправданно высоким затратам. Отдельно следует упомянуть специфику, присущую географическому расположению, природным ресурсам и промышленности регионов, что во многом способно влиять на выбор мест расположения элементов КС в процессе проектирования, обеспечивая существенную экономию требуемых затрат.

Здесь хотелось бы отметить и значимость априорного наличия развитой транспортной инфраструктуры, снижающей влияние фактора территориальной разбросанности. Такая инфраструктура является отдельной крупномасштабной системой, существование и качество функционирования которой во многом определяет уровень затрат, требуемых для создания и функционирования многих прочих КС. В силу этого, значимость транспортной (единство авиационной, железнодорожной, автомобильной, речной, морской, космической) инфраструктуры в ее взаимопроникновении с информационной инфраструктурой трудно переоценить.

Что касается межрегионального характера КС, то здесь можно только повторить соображения, высказанные в подразделе 3.7. Одно из них касается целесообразности использования в данном

случае термина «трансрегиональный», ибо границы регионов – понятие изменчивое и определяется не столько природными условиями, сколько практикой властного деления. В процессе реализации ряда КС, в частности, возможно и решение вопросов об изменении границ регионов и даже их объединения. Другое – необходимость согласования решений в силу наличия упомянутых властных полномочий и различных методов управления регионами. При этом следует иметь в виду и возможные корыстные интересы региональных властей, которые, естественно, стремятся извлечь свою выгоду из участия в создании и функционировании КС. Иногда эта выгода сопутствует успешному созданию и функционированию системы, иногда выступает в качестве мешающего фактора. В последнем случае вступают в силу методы, рассматриваемые в подразделе 3.10.

### 3.9. Методы, учитывающие значительный размер требуемых ресурсов и времени

Рассматриваемые в данном подразделе методы во многом аналогичны методам, представленным в предыдущем подразделе. Именно в силу этого целесообразно рассматривать методы подразделов 3.8 и 3.9 в едином ключе, расширив перечень характеристик логистической структуры. Это расширение осуществляется путем введения в нее временных характеристик транспортных связей и временные затраты на извлечение и подготовку к транспортировке требуемых ресурсов, рациональное их использование, на привлечение людских ресурсов, в том числе и научных и конструкторских коллективов, расположенных в тех или иных узлах логистической сети и отвечающих определенным элементам КС. На практике, как правило, именно так и поступают.

Существенную экономию времени дает использование современных информационных систем, позволяющих осуществлять согласованное управление на всех уровнях КС, используя дистанционные методы управления, контроля и диагностики.

Требование рационального использования значительных объемов ресурсов в согласованном режиме в рамках методов, рассматриваемых в данном подразделе, требует особое внимание уделять процедурам оптимизации, упомянутых и в предыдущих подразделах.

Внимания требуют и задачи, связанные с деятельностью людского персонала, участвующего в создании и обеспечении функционирования КС, от успешного решения которых во многом зависят временные характеристики создания и функционирования элементов КС и системы в целом. Это факторы энтузиазма и соревновательности, обеспечение необходимых условий работы и быта которые позволяют сократить время, требуемое на работы, связанные с КС, и повысить их качество. Соответствующие методы отвечают стимулирующим задачам социологии – науки об обществе в ее широком толковании. В качестве дестимулирующих выступают факторы бюрократического отношения к делу, формализм, коррупция, преступность, дающие обратный эффект и выступающие, как мешающие факторы (см. подраздел 3.10)

### 3.10. Методы, учитывающие наличие мешающих факторов и их многообразие

Наличие неизбежных для КС мешающих факторов (МФ) обуславливает необходимость устранения или, в крайнем случае, ослабления их влияния. Это могут быть как природные факторы (например, погода, оползни, землетрясения), так и искусственно создаваемые, среди которых коррупция и преступность, привлекаемые значительными финансовыми и материальными ресурсами, выделяемые и при создании, и при обеспечении существования (в том числе эксплуатации) КС.

Соответствующие методы отвечают задаче обеспечения инвариантности единичного к влиянию мешающих факторов. Проведенные исследования, опирающиеся на идеологию Подхода, позволили ранее выявить и систематизировать методы решения верхнего уровня, учитывающие специфику этой задачи [15]. Ниже приведена соответствующая иерархия с использованием обозначений, использованных в цитируемом источнике, в котором уровни иерархии обозначены латинскими буквами с цифрами; разные уровни обозначены разными буквами; цифрами обозначены номера методов одного уровня; точками разделены уровни иерархии. Выделены следующие уровни: Н – путь исключения несоответствия (результат влияния МФ), I – характер сведений о несоответствии, J – способ организации воздействия на объект, K – способ устранения причины несоответствия (ПН), L – особенности изменяемых характеристик ПН, M – вид ПН, N – характер зависимости воздействия.

Сами методы образуют следующую иерархию:

Н1) устранение следствия влияния МФ (появление несоответствия между желаемой и имеющейся ситуациями), Н2) устранение самого МФ, Н3) устранение причины появления МФ.

Н1.11) учет самого несоответствия, Н1.12) учет особенностей несоответствия.

Н1.11.11) и Н1.12.11) с изменением места воздействия, Н1.11.12) и Н1.12.12) без изменения места воздействия, но с изменением характера воздействия.



Н2.К1) изменение характера МФ, Н2.К2) компенсация (аннигиляция) МФ.

Н2.К1.Л1) изменение качественных характеристик влияния МФ, Н2.К1.Л2) изменение количественных характеристик влияния МФ.

Н2.К1.Л1.М1) изменение качественных характеристик самого МФ, Н2.К1.Л1.М2) изменение качественных характеристик связи, передающей влияние МФ,

Н2.К1.Л1.М2.Н1) зависимость воздействия на связь только от МФ, Н2.К1.Л1.М2.Н2) зависимость воздействия на связь от МФ и от результатов ранее выполненных воздействий.

Н2.К2.М1) изменение качественных характеристик аннигиляции влияющей связи, Н2.К2.М2) изменение количественных характеристик аннигиляции влияющей связи.

Н2.К2.М1.Н1) зависимость процесса аннигиляции только от влияющей связи, Н2.К2.М1.Н2) зависимость процесса аннигиляции от влияющей связи и от результатов ранее выполненных воздействий.

Ветвь иерархии, в основе которой лежит устранение причины появления МФ (Н3) идентична ветви Н2 с оговоркой, что речь идет не о самом МФ, а о причине его появления.

Рассмотрение методов, учитывающих влияние многообразных МФ на КС с позиций Подхода, сводится к процедуре выделения различных МФ, их взаимосвязей и выбора на основе приведенной иерархии наиболее целесообразных методов с точки зрения требуемых для их реализации ресурсов. Тем самым интуитивная процедура выбора метода сводится к регулярной процедуре, в которой, тем не менее, остается достаточно места для творчества.

### 3.11. Онтологическая схема КС

Представленная на рис. 1 онтологическая схема описывает связи признаков КС и может быть отнесена в равной степени к задачам, методам, средствам, связанным с созданием крупномасштабной системы, начиная от проектирования и заканчивая обеспечением ее функционирования, в частности, путем управления. Эта схема носит иллюстративный характер, она наглядно и укрупнено отражает связи предыдущих разделов и подразделов на верхнем уровне обобщения и в дополнительных пояснениях не нуждается.

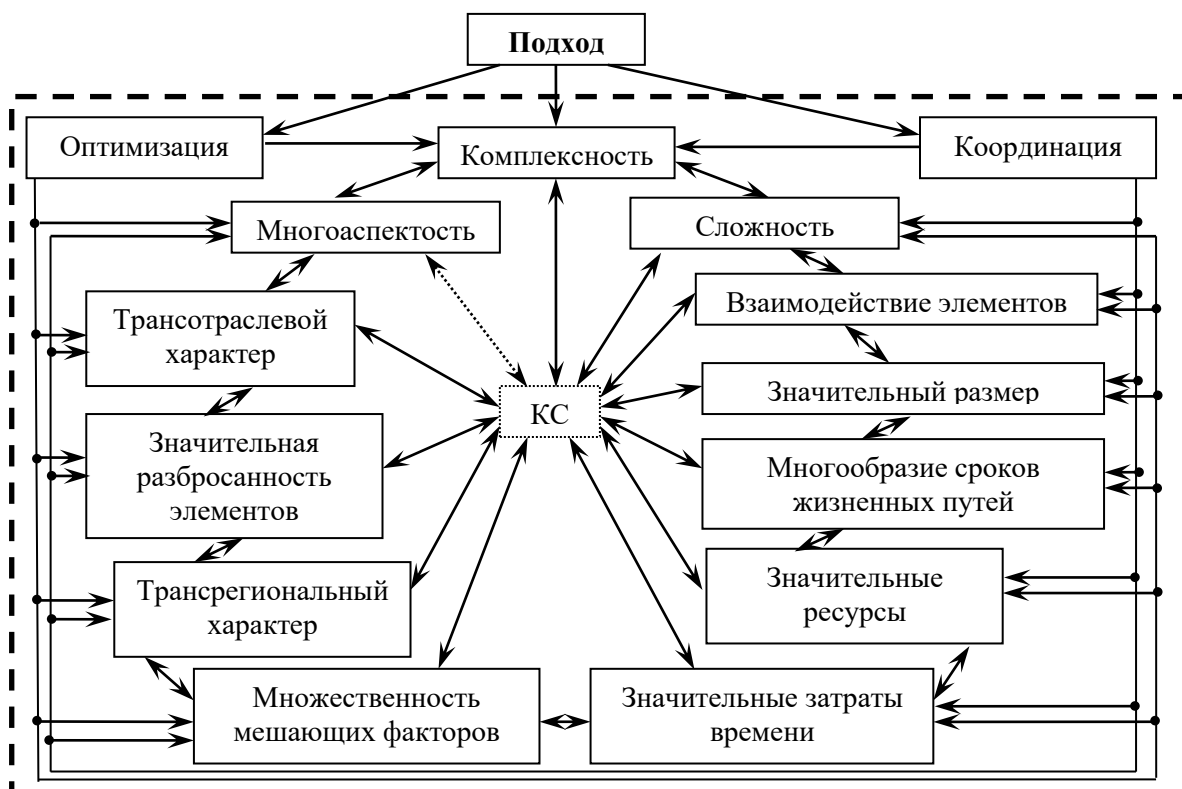


Рис. 1. Онтологическая схема верхнего уровня КС

Для каждой конкретной КС эта схема детализируется на основе специфики тех или иных задач, связанных с направлениями верхнего уровня, условий их решения, выбранных методов и средств реализации этих методов, образуя предельно формализуемую структуру, в которой формализуемые составляющие могут активно использовать автоматические процедуры, а неформализуемые

составляющие осуществляются с обязательным участием человека. Эта структура является скелетом онтологии создания и функционирования реальной КС.

### 3.12. Необходимость иерархически-сетевых характера структуры КС

Наличие в первую очередь стратегических, тактических и оперативных потребностей при функционировании КС обуславливает иерархическое построение КС, в рамках которого верхние уровни, решая свои задачи, одновременно координируют возникновение и решение задач нижерасположенных уровней. При этом преодоление проблем при решении задач нижних уровней требуют использования ресурсов не только текущего уровня, но уровней, расположенных и выше, и даже ниже по иерархии. Возникающие при этом связи носят явно выраженный сетевой характер.

Сказанное приводит к необходимости использовать структуру, обладающую иерархической основой, внутри которой действуют сетевые связи.

Аналогом таких структур, являются сложные живые организмы и их сообщества, в рамках которых отдельные составляющие функционируют в достаточной степени независимо, но при этом координируются и направляются верхними и нижними по отношению к ним уровнями (сознательно или подсознательно) с учетом возможностей соответствующих составляющих и потребностях в них.

## 4. Заключение

В представленной работе сделана попытка взглянуть на методологию КС и ее источники с точки зрения научного, формализуемого в предельно достижимой степени мировоззрения, выработанного на основе трансдисциплинарного подхода, предложенного и развиваемого в ИПУ РАН.

В силу своей трансдисциплинарности материал охватывает и общие методологические принципы, применимые для любых систем, и методы, учитывающие специфику тех или иных аспектов, присущих собственно КС. Используемый при этом стиль изложения является вынужденным, ибо отталкивается от достаточно общих понятий и суждений.

Основной вывод из сказанного – методы создания и обеспечения существования КС, как правило, в своей основе являются результатом комбинирования более простых непротиворечивых друг другу методов путем их совместного использования, взаимосвязи (симбиоза) и взаимопроникновения (синергии). Причем этот вывод относится не только к КС в целом, но и к отдельным ее компонентам, отвечающих различным аспектам, отраженных в подразделах раздела 3, также тесно взаимодействующих в рамках целостной КС.

Особую роль в КС играют методы логистики (в широком смысле), оптимизации, социологии, человеко-машинных структур (в том числе с использованием процедур искусственного интеллекта) и их комбинации в форме симбиоза и/или синергии.

Основной целью проведенного исследования является иллюстрация возможности реализации на основе Подхода конструктивной, познавательной процедуры выявления места КС и ее элементов в целостной картине. Существенным моментом также является анализ и выявление различных методов не путем интуиции, а на основе логических построений, позволяющих достичь максимального уровня формализации. При этом управление рассматривается, как искусственно разработанная процедура обеспечения существования единичного с требуемой функциональностью, требующая для этого активных действий. То есть управление есть частная разновидность процедур обеспечения существования единичного, что в основном и определяет специфику управления, в том числе и применительно к КС.

Что касается методологии КС, то она представляет собой результат систематизации методов решения разных задач, средств реализации методов, собственно реализации методов, соответствующих эксплуатационных процедур с учетом действующих связей, взаимосвязей, взаимопроникновения, отталкивающейся от стратегических целей, для которых и предназначена КС.

## Литература

1. Новиков А.М., Новиков А.Д. Методология // М.: Синтег, 2007. – 661 с.
2. Фаянс А.М., Кнеллер В.Ю. Об онтологии видов задач и методов их решения // Онтология проектирования. 2020. Т.10, N 3(37). – С.273-295.
3. Фаянс А.М. Взгляд на формализацию смысла с позиций трансдисциплинарного подхода // Онтология проектирования. 2021. Т.11, N3(41). – С.294-308.
4. <https://www.ipu.ru/node/11906> (Использовано 28.03.2023)
5. [https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_philosophy/3310/СИСТЕМА](https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/3310/СИСТЕМА) (Использовано 28.03.2023)
6. <https://docs.cntd.ru/document/1200089290> (Использовано 28.03.2023)

7. [https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic\\_economic\\_law/6384/КОМПЛЕКСНОСТЬ](https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_economic_law/6384/КОМПЛЕКСНОСТЬ) (Использовано 05.04.2023)
8. *Новиков Д.А.* Методология управления // М.: Либроком, 2011. – 128 с.
9. *Виттих В.А.* Избранные труды по энергетике // Самара.: Новая техника, 2022. – 419 с.
10. <http://old.math.nsc.ru/LBRT/k5/OR-ММФ/lec15.pdf> (Использовано 10.04.2023)
11. <https://www.oracle.com/cis/big-data/what-is-big-data/> (Использовано 05.04.2023)
12. *Баклавски К., Беннет М., Берг-Кросс Г., Дикерсон Л., Шнайдерд Т., Септалая С., Шарма Р., Шрирам Р.Д., Вестеринен А.* Онтологический саммит 2021. Коммюнике: генерация и гармонизация онтологий. Ноябрь 2021. Перевод с англ. Д. Боргест // Онтология проектирования. 2021. Т.11, №4(42). – С.533-548.
13. <https://logistics.ru/academy/chto-takoe-logistika-prostyimi-slovami-i-ee-znachenie-v-biznese> (Использовано 02.04.2023)
14. <https://www.e-executive.ru/wiki/index.php/Логистика> (Использовано 12.04.2023)
15. *Кнеллер В.Ю., Фаянс А.М.* Методы обеспечения инвариантности процессов преобразования: выявление и систематизация // Датчики и системы. 2015. N4. – С. 55-67.