

Формула оценки расстояния между системами в конструктивном пространстве



Автор статьи:

Захарчук О. Г.,
член РФО РАН

O. G. Zakharchuk,
a member of the RPS RAS
E-mail: OGZakharchuk@fa.ru

The formula for the distance between systems in a constructive space

Резюме. В статье представлена разработанная в конструктивной теории систем общесистемная формула оценки расстояния между системами. Построение этой формулы основано на структурно-

процессуальной форме представления систем. Эта формула содержит кумулятивную (количественную) и структурную составляющие, что обеспечивает её эффективное применение в методе аналогий, а также для автоматизации построения вариантов оптимизирующих решений в явной форме логико-временных последовательностей их реализации.

Abstract. The article presents developed in constructive theory of systems, system-wide evaluation formula distances between systems. The construction of this formula based on the structural and procedural presentation systems. This formula contains the cumulative (quantitative) and a structural component that ensures its efficient use for benchmarking method, and also to automate the build options of optimizing solutions in an explicit form of logic-temporal sequences of their implementation.

Ключевые слова: конструктивное множество, конструктивная система, расстояние между системами, конструктивное пространство, состояние, аспект, процесс, решающее поле.

Key words: constructive multitude, constructive system, the distance between systems, constructive space, state, aspect, the crucial field.

В литературе по системологии практически невозможно найти попытки представить формулу оценки расстояния между общими системами. Количественные оценки меры близости систем к заданному состоянию реализуются путём сравнения значений характеристических или целевых параметров. В конструктивной теории систем (КТС) такая оценка разработана [1]. Построение этой оценки основано на концепции общесистемного пространства. Согласно этой концепции, теоретическое общесистемное пространство представляет собой многофункциональное пространство неограниченной размерности [1, 2]. (По сути, методология многофункциональных пространств давно используется для анализа сложных социально-экономических систем посредством их многопараметрического исследования. Например, в 2000 г. в Лозанне было проанализировано состояние экономики 47 стран по 381 показателю [3]. Однако строгие определения подобных наборов параметров как единых функционально организованных целостностей, представляющих пространство измерений, как правило, отсутствуют.)

КОНЦЕПЦИЯ КОНСТРУКТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА

В соответствии с общесистемной методологией КТС, процессе развития каждой модели $M_{\alpha}^{\pm N}$ системы $S_{\alpha}^{\pm N}$, посредством функциональной организации информационных потоков об объектной области область актуализации этой модели в информационном пространстве (ИП) «послойно» расширяется. Поэтому в процессе своего развития каждая модель $M_{\alpha}^{\pm N} = [M_{\alpha(i)}^{\pm i}]$ «поглощает» объём актуализации общесистемного конструктивного пространства $Sp_{\{\alpha\}}^{\pm N_{\max}}$, переходя в предельно-теоретическом состоянии этого развития к модели функциональной организации Универсума в целом. (Это формально-теоретическое свойство представляет теоретическое основание для конструктивной сравнимости всех элементов общесистемного пространства между собой.)

Здесь $\pm N$ означает номера граничных структурно-симметричных уровней представления модели $M_{\alpha}^{\pm N} = [M_{\alpha(i)}^{\pm i}]$: $\{U^{\pm N} \sim [U^{\pm i}] \mid |\pm i| \leq N\}$, – в актуализированной области общесистемного пространства $Sp_{\{\alpha\}}^{\pm N_{\max}}$: $U^{\pm N} \sim [U^{\pm i}] = [U^{\pm i-1}, U^{\pm i}, U^{\pm i+1}]$. Общее количество этих уровней в актуализированном объёме модели равно $2N+1$, т. к. учитывается ещё

собственный уровень модели: его относительный номер равен 0 (или равен n – в актуализированной области общесистемного пространства). Идентификационный номер α обозначает место модели на собственном уровне U^n (α в относительной нумерации – U^0_α); далее будет также использоваться обозначение $\alpha(i)$, соответствующее идентификации представления модели на структурном уровне её актуализации $U^{n\pm i}$. «Нижние» уровни образуют **внутреннюю среду** системы $IEnv^N_\alpha = [U^{n-i}]$. «Верхние» уровни образуют представление **внешней среды** (актуализирующей множество элементов определения модели как целостности) $OEnv^+N_\alpha = [U^{n+i}]$: $S^{\pm N}_\alpha \sim M^{\pm N}_\alpha = \&[IEnv^N_\alpha; U^0_\alpha; OEnv^+N_\alpha]$. (Поэтому всякое изменение состояния внутренней среды означает объективно согласованное и синхронизированное изменение состояния внешней среды определения модели и наоборот, что и представлено данной формой её построения.) Квадратные скобки означают структурно-иерархическую упорядоченность элементов, круглые – последовательность или список аргументов, фигурные – перечисление набора элементов (без требований к их какой-либо форме упорядочивания) или экспликацию логической функции; $\&$ – означает реализацию специальной общесистемной операции конструктивного синтеза, в результате применения которой к набору «конструктивных множеств» $\{m^{n\pm i}_{\alpha(i)}\}$ может быть получено структурно-процессуальное определение конструктивной системы $S^{\pm N}_\alpha$.

(Далее приставка к- будет означать конструктивный (-ная, -ное, -ные и т. п.), а иное оговариваться особо. Обозначение SN_α отмечает утверждение, на которое далее могут быть ссылки.)

Реализованный синтез к-систем порождает **полную** к-систему - $S^{\pm(N+1)}_{ful(\alpha)} = \&[S^{\pm N}_\alpha]$, а реализованный синтез полных к-систем порождает **общую** к-систему - $S^{\pm(N+2)}_{com(\alpha)} = \&[S^{\pm(N+1)}_{ful(\alpha)}]_\lambda$. Т. о. к-множество представляет трёхуровневую, процессуально представленную структуру (аналогично общепринятому определению системы как «множества элементов, объединённых отношением, ...»), к-система – 5-уровневую структуру (представляющую объективное содержание организации, включающее необходимые факторы её отражения и развития), полная к-система – 7-уровневую структуру (представляющую взаимодействие систем), общая к-система – 9-уровневую структуру (представляющую развитие взаимодействия систем). Далее, в соответствии с принципом вложенности, каждый элемент определения к-множества представляем по этой же схеме. В результате получаем методологически не ограничиваемое по плотности и широте аспектов представление конструктивно (поэтапно) развивающейся модели сложной системы.

Такой конструктивизм представления основных понятий КТС аналогичен алгоритмической конструктивности представления математических понятий. Но для реализации целевой функции КТС (как общесистемной теории организации, в т. ч. применяемой и для функциональной организации предметно-ориентированных моделей и методов), её методология базируется на более глубоких основаниях анализа предметной области, заимствованных в теории проектирования компьютерных систем и их программно-операционного обеспечения.

Конструктивное пространство $Sp^{\pm Nmax}$ представляет собой модель Универсума. Элементами этого пространства являются конструктивные множества $m^{n\pm i}_{\alpha(i)}$. Но если существующие представления объектных областей в пространствах даются вне их временной реализации, то в КТС каждый элемент конструктивного пространства представлен моделью своей логико-временной, актуально-циклической реализации (актуально завершённой на каждом структурном уровне). Цель такого представления состоит в адекватном отражении функциональной формы организации объектной области – области комплексных, динамично эволюционирующих систем. При этом под системой в КТС понимается объективное содержание организации (включающей в себя эту объективную (естественную) компоненту – систему, а также волевою (искусственную) компоненту, наряду с третьей – потенциальной).

Т. о. конструктивное пространство представляет собой модель пространственно-временного континуума как образа Универсума. Эта модель представляется совокупностью информационных и материальных элементов. Его элементы (образованные в результате синтеза к-множеств и к-систем) представляют модель функциональной организации Универсума.

При построении модели, в соответствии с объективными законами функциональной организации (реализуемыми методологией КТС), одновременно («автоматически») формируются как актуализированные элементы модели $m^{(d)(n\pm i)}_\alpha$, так и её т. н. «номинальные» элементы $m^{(-d)(n\pm i)}_\alpha$, информации о которых ещё нет, но они объективно существуют в соответствии с этими объективными общесистемными законами (едиными для функциональной организации информации и для функциональной организации отражаемой ею объектной области) – например, в соответствии с законом структурно-функциональной симметрии. При этом на номинальные элементы переносятся свойства пространства, определённые пространственно-временными координатами этих элементов. В этом состоит конструктивная предсказательность общесистемного пространства (аналогично свойству

известной периодической таблицы химических элементов Д. И. Менделеева).

Общесистемными координатами элемента $m^{n\pm i}_{\alpha(i)}$ являются: $defY \sim U^{n\pm i}_{\alpha}$ – уровень структурно-функциональной организации в конструктивном пространстве; $defI \sim \alpha(i)$ – собственный идентификационный номер на этом уровне; $defT \sim St^{n\pm i}_{\alpha(i)}(\Delta t^{n\pm i}_{k(i)})$ – состояние функциональной реализации (синхронизированное в составе

актуализированной области пространства $[Sp^{\pm Nmax}_{\alpha}]$). Вследствие концепции конструктивного пространства (а также в соответствии с определением $defY$) элементы пространства прямо или опосредованно входят в состав друг друга. Т. о., конструктивное общесистемное пространство иерархично, и эта иерархия имеет послуюющую структуру $[Sp^{\pm Nmax}_{\alpha}]$. Но т. к. общесистемная форма любого элемента k -пространства имеет единое формально-теоретическое представление в виде k -системы, то таким образом реализуемый принцип взаимной вложенности функционально организованных форм представляет собой общесистемную модель явления «фрактальности» [4, 5].

В КТС показано, что развитие областей актуализации моделей ведёт не только к расширению области актуализации общесистемного пространства, но и к её уплотнению. Более того, один элемент $m^{n\pm i}_{\alpha(i)}$ может одновременно входить в составы разных макроэлементов $M^{(n\pm i)+1}_{\beta(i+1)\alpha(i)}$. Каждое вхождение определяет соответствующий аспект определения модели: $\{M^{(n\pm i)+1}_{\beta(i+1)\alpha(i)} \Rightarrow A^{(n\pm i)+1}_{\beta(i+1)\alpha(i)}\}$. Этим достигается неограниченно развивающаяся многоаспектность представления модели $M^{\pm N}_{\alpha}$ в общесистемном конструктивном пространстве (как образе многофункционального пространства).

Вследствие того что конструктивное пространство представляет собой структурно-функциональную модель пространственно-временного континуума (а также в соответствии с определением $defT$) – все элементы пространства синхронизированы (в соответствии с периодами актуального завершения процессов своей реализации на соответствующих структурных уровнях: $\Delta t^{(n\pm i)+1} \sim Pr^{(n\pm i)+1}(St^{n\pm i}_{\alpha(i)}(\Delta t^{n\pm i}_{k(i)}))$). Т. о., определение общесистемного пространства в КТС является определением пространственно-временного континуума $Sp^{\pm Nmax}_{\alpha} = \&[U^{\pm N}(\Delta t^{\pm N})]$ (как модели Универсума) – дискретным по представлению структурными уровнями $U^{\pm N}$ и квантованным по периодам функциональной реализации $\Delta t^{\pm N}$ на каждом из соответствующих структурных уровней: $\{U^{\pm N} \sim \Delta t^{\pm N}, U^{n\pm i}(\Delta t^{n\pm i})\}$.

Т. о., любые отношения между элементами в КТС определены в конструктивном пространстве и времени. Поэтому **синхронизация процессов реализации k -множеств** $[m^{n\pm i}_{\alpha(i)}]$ как элементов состава, объединяющего их макромножества (внешней среды) (на определённом структурно-функциональном уровне $U^{n\pm i}_{\alpha}$ и в соответствующем аспекте $A^{(n\pm i)+1}_{\beta(i+1)\alpha(i)}$), однозначно представляет **общесистемную k -модель отношения** (в теоретически общесистемной форме конструктивного представления) между этими элементами: $Rt^{(n\pm i)+1}_{\beta(i+1)\alpha(i)}(m^{n\pm i}_{\alpha(i)}) \sim Pr^{(n\pm i)+1}(St_{\alpha(i)}(\Delta t^{n\pm i}_{k(i)}))_k$. Набор синхронизированных состояний множества элементов субстрата отношения (как логико-временного процесса) представляет состояние его реализации в интерпретирующем составе соответствующего множества. Например: 1) математическое отношение $\frac{1}{2}$ интерпретируется логико-временной синхронизацией последовательностей натуральных чисел, реализация второй из которых сдвинута на 1 «период»: $\{N(t) \leftrightarrow (N(t+1))\} \Rightarrow (N(t) : (N(t+1) = \frac{1}{2}))$; 2) отношение «дружбы» между А и В может быть интерпретируемо следующей последовательностью пар синхронизированных состояний их функционального взаимодействия: $\{\{\text{«А в беде»} \Rightarrow \text{«В оказывает ему помощь»}\}, \{\text{«А в радости»} \Rightarrow \text{«В в радости»}\}, \{\text{«А печален»} \Rightarrow \text{«В печален»}\}, \text{и т. д.}\}$; 3) отношение подчинения $A \rightarrow B$: $\{\{\text{«А отдаёт распоряжение»} \Rightarrow \text{«В выполняет его»}\}, \{\text{«В просит дополнительных указаний»} \Rightarrow \text{«А предоставляет разъяснения»}\}, \{\text{«В нарушает должностную инструкцию»} \Rightarrow \text{«А применяет меры наказания»}\}, \{\text{«В выполняет работы с высоким качеством»} \Rightarrow \text{«А применяет меры поощрения»}\}, \text{и т. д.}\}$; и т. п. Формализующая абстракция данных отношений $Rt^{n+1}_{\zeta ab}$ выполняется посредством их абстракции в соответствующих аспектах представления их субстратов $A^{n+1}_{\beta(i+1)\alpha(i)} = \zeta$ в соответствии с типом синхронизации процессов реализации соотносящихся множеств (по определению в КТС – в соответствии с **состояниями процессов их реализации** $St_{\zeta} Pr^{(n\pm i)+1}_{\alpha(i)}$).

Из концепции тотальной сходимости каждой модели в конструктивном пространстве к общесистемной модели Универсума следует, что в теоретическом пределе общесистемное пространство непрерывно: $\{\lim_{N \rightarrow \infty} |N_i - N_{i+1}| = 0; \lim_{N \rightarrow \infty} |\Delta t^{\pm N}| = 0\}$. (Этим также объясняется в КТС «материализованная» концепция категории времени (как информационно-технологического процесса), согласованная с имеющим место её определением в

экономической науке: время «...отражает эволюцию всего комплекса условий протекания процесса, являясь как бы «представителем» всей совокупности причинных факторов» [6].

В актуализированных областях этого пространства строятся эффективные, развивающиеся структурно-процессуальные модели сложных систем. Их «послойное» развитие расширяет область актуализации общесистемного пространства, делая эту область всё более функционально связанной. Этим достигается рост функциональной целостности общесистемного информационного пространства и основанной на этой информации оптимизированной организации и управления.

Следует отметить роль связующих элементов в структуре модели, названных в КТС «критериальными элементами» $Kre^{(n\pm)}_{\alpha(i)}$. Эти элементы объединены в «критериальную схему» модели системы: $Krsc^{\pm N}_{\alpha} = \&[Kre^{(n\pm)}_{\alpha(i)}]$. Концепция критериальной схемы, по сути, была представлена автором ещё в 1991 г. [7]. По своему объективному содержанию и своей роли в среде функционально взаимодействующих объектов критериальные элементы представляют общесистемную модель аттракторов с точки зрения объективного содержания функциональной организации конструктивного пространства [8].

Также следует отметить, что концепция критериальной схемы критериальных элементов в значительной мере согласуется с концепцией «ключевых показателей эффективности» (KPI) в системе сбалансированных показателей (BSC) [9] – как структурно-функциональное основание, порождающее необходимые для оценивания факторы и дающее конструктивное представление объективного содержания функциональных причинно-следственных взаимосвязей.

ПОСТРОЕНИЕ ФОРМУЛЫ ОЦЕНКИ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СИСТЕМАМИ

S1. В этом пространстве моделей сложных систем строится эффективная оценка меры близости между системами. Эта оценка имеет структурно-процессуальную форму. Вследствие сопряжённого построения номинальных элементов модели её состав образует область определённости $V^{(+d)\pm N}_{\alpha}$ и конструктивно согласованная и синхронизированная с ней область неопределённости $V^{(-d)\pm N}_{\alpha}$, которую образуют эти номинальные элементы: $V^{(\pm d)\pm N}_{\alpha} = \&[V^{(-d)\pm N}_{\alpha}, V^{(+d)\pm N}_{\alpha}]$. Поэтому в формуле расстояния между системами все элементы являются достаточно определёнными, и т. о. оценка расстояния между системами определена в любой области актуализации общесистемного пространства – т. е. является «тотально» вычислимой.

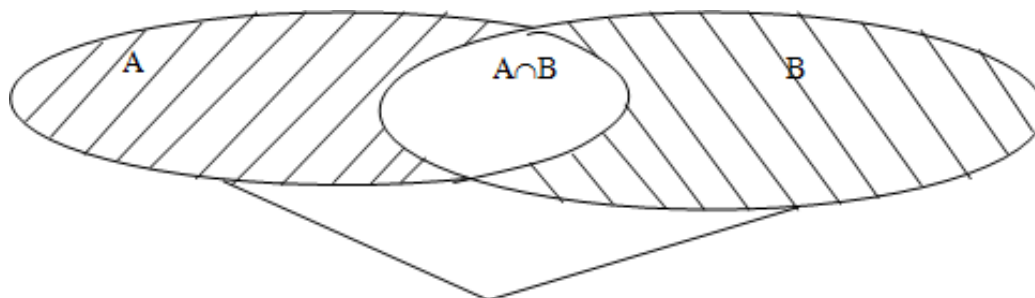
Базовым понятием КТС является понятие конструктивного множества (к-множества). Определение конструктивной системы (к-системы) получается в результате решения задачи конструктивного синтеза конструктивных множеств. В то же время результат к-синтеза определён как «конструктивное развитие» синтезируемых к-множеств. Поэтому к-система также по построению является к-множеством. Следовательно, формула оценки расстояния между к-множествами та же, что и формула оценки расстояния между к-системами.

Рассмотрим множества с актуальными (то есть конечными и вычислимыми как в цифровой компьютерной технологии) мощностями.

Расстояние между множествами A и B определим следующим образом:

$$R(A,B)=R_{ab}=(N_a+N_b-2N_{ab}):N_{ab}, \quad (1)$$

где N_a – мощность множества A: $N_a=||A||$, $N_{ab}=||A \cap B||$.



$$((A \cup B) \setminus (A \cap B)) = A \Delta B$$

Рис. 1. Схема образования компонент формулы расстояния между к-множествами

$$R_{ab}=||((A \cup B) \setminus (A \cap B))||:||A \cap B|| = ||(A \setminus B) \cup (B \setminus A)||:||A \cap B|| = A \Delta B:||A \cap B|| \quad (1.1)$$

Т. о. оценка расстояния между актуальными множествами прямо пропорциональна оценке мощности дополнения их пересечения до их объединения и обратно пропорциональна оценке мощности их пересечения. Вследствие S1 эта оценка определена везде. Иначе говоря, конструктивное пространство измеримо.

Известно, что математическая оценка расстояния между любыми объектами А и В необходимо должна удовлетворять нижеследующим четырем «аксиомам расстояния» (2):

$$\left. \begin{aligned} R_{ab} &\geq 0, \\ R_{ab} &= R_{ba}, \\ R_{aa} &= 0, \\ R_{ab} + R_{bc} &\geq R_{ac} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Выполнение первых трёх условий для (1) очевидно. Покажем выполнимость «аксиомы треугольника»:

$$R_{ab} + R_{bc} - R_{ac} = (N_a + N_b - 2N_{ab}) : N_{ab} + (N_b + N_c - 2N_{bc}) : N_{bc} - (N_a + N_c - 2N_{ac}) : N_{ac} = ((N_a + N_b) : N_{ab} - 2 + (N_b + N_c) : N_{bc} - 2 - (N_a + N_c) : N_{ac} + 2) \geq 0 \mid \{ \text{при условии } A=B \text{ (при котором } R_{ab}=0 \text{ – минимально), откуда: } N_a=N_b=N_{ab}, N_{bc}=N_{ac} \}.$$

Следовательно, формула (1) удовлетворяет всем необходимым и достаточным требованиям, предъявляемым к математической форме оценки расстояния.

Вследствие необходимости выполнения условия синхронности реализации всех операций над к-множествами и общесистемной интерпретации отношения (как результата синхронизированной реализации процессов представления соотносящихся элементов субстрата) их сравнение означает, что между ними установлено некоторое отношение $R_{t\zeta}$: $R_{t\zeta}^{n\pm i} = R_{t\zeta}(m_a^{n\pm i}, m_b^{n\pm i}) \sim St_{\zeta} Pr[m_a^{n\pm i}, m_b^{n\pm i}]$. Поэтому оценка расстояния между к-множествами может выполняться в фиксированном ζ -аспекте отношения $R_{t\zeta}(m_a^{n\pm i}, m_b^{n\pm i})$, соответствующего типу синхронизации **состояний процессов реализации** сравниваемых к-множеств (в аспекте их к-согласования, определяемом реализуемой схемой алгоритма актуализации потенциала системной области (как специально разработанного в КТС общесистемного, «математически универсального» алгоритма)).

Поэтому итоговая формула расстояния между к-множествами $m_a^{n\pm i}$ и $m_b^{n\pm i}$, в соответствии с требованием к-согласования (выполнения операций в к-пространстве на всех тождественных уровнях, во всех тождественных аспектах и состояниях функциональной актуализации) имеет следующий вид:

$$R_{ab} = (1 : (N^+ + N^- + 1)) \sum_{\forall i=N^+ \div N^-} \cdot (1 : P_{(i+1)}) \sum_{\forall \zeta(i+1) \mid \{ \zeta(i+1) \} \mid = P_{(i+1)}} \cdot (1 : K_{(i)}) \sum_{\forall j \mid \{ (k_{ij}) \} \mid = K_{(i)}} \cdot R_{\zeta(i+1)} (St_{(k_{ij})} m_{a\zeta(i+1)}^{n\pm i}, St_{(k_{ij})} m_{b\zeta(i+1)}^{n\pm i}) \quad (3)$$

Здесь i обозначает номер структурного **уровня** определения к-множества $m_a^{n\pm i}, \zeta(i+1)$ – идентифицирует **аспект** его актуализации (определяемый на $(i+1)$ -м структурном уровне), k_{ij} – номер **состояния** j его реализации на i -м структурном уровне $St_{(k_{ij})\alpha(i)}(\Delta_{k_{ij}}^{n\pm i})$; N^+ и N^- , соответственно, – верхняя и нижняя границы области актуализации общей системы сравниваемых к-моделей: $V^{\pm N} [m_a^{n(a)} : m_b^{n(b)}] = [V^{\pm N_a}(m_a^{n(a)}) \cup V^{\pm N_b}(m_b^{n(b)})]$.

Другими словами, оценка расстояния между фиксируемыми состояниями множеств в фиксируемых аспектах на фиксируемых структурных уровнях: $R_{\zeta(i+1)}(St_{(k_{ij})} m_{a\zeta(i+1)}^{n\pm i}, St_{(k_{ij})} m_{b\zeta(i+1)}^{n\pm i})$, – усредняется по всем аспектам, функциональным состояниям и по всем структурным уровням их актуализации в составе общей системы их функционального взаимодействия, представленной соответствующей областью актуализации к-пространства $V^{\pm N} [m_a^{n(a)} : m_b^{n(b)}] = [V^{\pm N_a}(m_a^{n(a)}) \cup V^{\pm N_b}(m_b^{n(b)})]$. Эта оценка является линейной комбинацией оценки расстояния (1) и поэтому удовлетворяет всем аксиомам расстояния (2).

Аналогичным способом можно определить оценку расстояния между несколькими к-множествами как меру

близости, определённую на их совокупности: $R(\{m^{n(\alpha\epsilon)}_{(\alpha\epsilon)}\}_{(\alpha\epsilon)})$, как среднее от их сочетаний по 2:

$$R(\{m^{n(\alpha\epsilon)}_{(\alpha\epsilon)}\}_{(\alpha\epsilon)}) = (1:C_M^2) \cdot \sum R(m^{n(\alpha\epsilon i)}_{(\alpha\epsilon i)}, m^{n(\alpha\epsilon j)}_{(\alpha\epsilon j)}) \forall (\alpha\epsilon), (i, j \in \{(\alpha\epsilon)\}) \quad (3.1)$$

где $M = |\{m^{n(\alpha\epsilon)}_{(\alpha\epsilon)}\}|$.

Эта оценка представляет собой линейную комбинацию оценки (3), а поэтому для неё также выполняются все аксиомы расстояния (2). Такая форма оценки может служить оценкой **плотности субстрата**, образующего состав синтеза к-множеств (к-систем) в к-пространстве, например – **плотность субстрата системы**.

S2. Из S1, (1) и (3) следует, что **результатом** сравнения к-множеств $m^{n(a)}_a$ и $m^{n(b)}_b$ (как результата применения операции, обозначаемой [*:]) является совокупность **количественной меры** их близости R_{ab} и

определение **структурного базиса** их сравнения $\text{Str}[*:]^{\pm N}_{ab}$:

$$[*:](m^{n(a)}_a, m^{n(b)}_b) = m^{n(a)}_a [*:] m^{n(b)}_b = R^*(m^{n(a)}_a, m^{n(b)}_b) = \quad (4)$$

$$= (R^N_{ab}; \text{Str}^{\pm N}[*:](m^{n(a)}_a, m^{n(b)}_b)) = (R^N_{ab}; ([m^{n(a)}_a \cap m^{n(b)}_b]; [(m^{n(a)}_a \cup m^{n(b)}_b) \setminus (m^{n(a)}_a \cap m^{n(b)}_b)])),$$

$$\text{Str}^{\pm N}[*:](m^{n(a)}_a, m^{n(b)}_b) = ([m^{n(a)}_a \cap m^{n(b)}_b]; [m^{n(a)}_a \Delta m^{n(b)}_b]) = \quad (4.1)$$

$$= ([m^{n(a)}_a \cap m^{n(b)}_b]; [(m^{n(a)}_a \cup m^{n(b)}_b) \setminus (m^{n(a)}_a \cap m^{n(b)}_b)]).$$

К достоинствам данной формулы расстояния относятся следующие:

- простота её вычисления,
- независимость вычисления от субъективности, что обеспечивает как теоретическую объективность, так и полный автоматизм её реализации в компьютерной среде,
- процессуальность и конструктивная связность структурного представления компонент обеспечивает высокую степень адекватности кумулятивной оценки функциональному содержанию и явность представления структуры их причинно-следственных связей в структурной компоненте,
- её тотальную вычислимость в к-пространстве.

Этот функционально структурированный комплекс функциональных взаимосвязей может быть обнаружен, оценен, развиваем и выдаваем пользователю как по запросу, так и в автоматическом режиме (в форме представляющих эту оценку «**к-эвристик**»).

Данная оценка допускает свою редукцию по отдельным аспектам, структурным уровням и функциональным (логико-временным) состояниям, а также – их комбинациям, что обеспечивает эффективность условий анализа и технологии синтеза систем.

Реализация такого подхода к построению общесистемной оценки меры близости структурно-процессуальных форм обеспечивает наиболее адекватный (и в то же время максимально простой) способ сравнения объективного содержания различных форм организаций.

Например, в соответствие с такой формой оценки, компьютер в одной комнате и телевизор в другой являются намного более близкими друг другу, чем каждый из них к столу или иной подставке, на которых они установлены. Но при редукции формулы к одному аспекту (например, к аспекту расположения в трёхмерном физическом пространстве) близость их к своим подставкам будет намного больше, чем между ними самими. Поэтому такой подход предполагается исключительно эффективным при его применении в реализации метода аналогий, применяемого к сложным, комплексным, динамично эволюционирующим системам.

S3. Вследствие равномерной сходимости процесса развития объёма актуализации к-моделей имеем, что **чем больше объём актуализации определения** к-множеств, **тем эффективнее** и **точнее оценка меры их близости** (при неизменности общесистемной формы реализации алгоритма её вычисления).

Несмотря на методологическую простоту построения единой общесистемной формы оценки меры близости между системами, наиболее эффективной её реализация предполагается в условиях разработки соответствующего пакета прикладных программ (ППП), реализуемого в информационно-технологической среде компьютерных сетей. Этот ППП должен реализовывать: 1) концепцию конструктивного пространства в общесистемном информационном поле (ИП), 2) общесистемный алгоритм актуализации функционального потенциала ИП, 3) общесистемные правила построения конструктивных образов: 3.1) правило конструктивного

согласования и синхронизации, 3.2) правило конструктивного синтеза, 3.3) правило структурной симметрии; 4) формулы оценки общесистемных параметров, 5) правило оценки технологических параметров среды реализации для выполнения принципа конструктивизма – актуальной завершаемости циклов моделирования в имеющихся конкретных технологических условиях. Учитывая состояние развития современной технологии программирования компьютерного операционного обеспечения, для квалифицированных программистов эта задача является вполне разрешимой и даже относительно простой.

В основах КТС представлен комплекс общих принципов построения основных алгоритмических схем, реализующих эту концепцию. Для её практической реализации необходимы следующие условия: информированность, заинтересованность и ресурсное обеспечение. Причём фактор заинтересованности, учитывая высочайший уровень современной ангажированности высококлассных талантливых программистов, решающим образом определяется целевой заинтересованностью внешней среды актуализации данной проблемы – заинтересованностью Заказчика. В этом состоит основная проблема дальнейшего развития общесистемной технологии конструктивного отражения и синтеза эффективных функциональных организаций и их подсистем оптимизирующего управления. В решении этой проблемы, прежде всего, должны быть заинтересованы представители высших уровней функциональных организаций на государственном уровне, а также функциональные объединения организаций среднего уровня.

Однако уже на данном этапе развития общесистемного подхода, использование основных принципов конструктивного отражения действительности, исходя из объективного содержания её организуемости, должно приносить существенный прогресс в целевой функциональной организации исследования, проектирования, прикладной реализации и оптимизирующего управления. Например, очень важен принцип объективной взаимообусловленности и конструктивной согласованности синхронизированных процессов актуализации структурно-симметричных уровней организаций (с равно периодической сменой направления их взаимной актуализации). Особенно это явление подтверждается в истории социально-экономических систем, когда решение внешних проблем требует адекватной трансформации внутренней самоорганизации, и наоборот: объективной зависимости уровня разрешимости проблемы эффективности внутренней функциональной организации от реализуемых состояний функциональной организации внешней среды, актуализирующей данную систему как целостность. Поэтому учёт основных принципов КТС уже сейчас важен для обеспечения функциональной целостности общей системы научно-прикладной методологии.

Особенно остро стоит проблема применения общесистемного конструктивно согласующего подхода в оптимизирующем управлении. Современное состояние этой проблемы характеризуется резким ростом технологической сложности функциональных организаций подсистем управления, что приводит к неэффективному перераспределению функциональных ресурсов от целевых подсистем и подсистем обеспечения целевой деятельности к неоправданно избыточному ресурсному обеспечению подсистем управления, что ведёт к тенденции резкого понижения эффективности общей системы целевого функционирования. Особенно парадоксально, что для основной массы целевых систем среднего уровня, в которых широко применяются компьютерные технологии, эта проблема наиболее значима именно вследствие «болезни роста» эволюционного процесса применения компьютеризации – его недостаточной согласованности, его недостаточной функциональной целостности. Эта проблема усиливается также тем, что сами компьютерные технологии широко используются для обеспечения деструктивных процессов в области сложных социально-экономических систем.

Поэтому в области принятия управленческих решений особенно важно уже сейчас не только вкладывать достаточные средства для внедрения и развития технологической реализации общесистемной, конструктивно согласующей методологии, но и непосредственно учитывать конструктивно-теоретические принципы, основанные на КТС. Например, исключительно важен конструктивно-методологический контроль при принятии решений об объёмах выделения ресурсов на реализацию тех или иных новаций в области сложных систем на предмет учёта всех необходимых и достаточных параметров, объективно определяющих целостное функционирование объекта оптимизирующего управления и реальную, методологически обоснованную достижимость целей в расчёте на обобщённую единицу ресурсов, т. е. эффективность решения. В общем плане экономии т. о. выделяемых средств при этом эффективнее направлять на разработку перспективного программного обеспечения по созданию вариантов общесистемных ППП, реализующих общесистемную методологию КТС. Эта задача в настоящее время является исключительно важной и приоритетной в плане прогрессивного развития общесистемно-согласующей и тем самым конструктивно стабилизирующей подсистемы оптимизирующего управления. Кроме того, разработанные собственными силами функциональных организаций и их объединений такие ППП должны стать исключительно прибыльной инновационной продукцией для всех уровней организации объектной области: от государственного и межгосударственного уровня функционального взаимодействия до уровней среднего и низшего уровней функциональной организации и оптимизирующего управления в Общей системе функционального взаимодействия.

Но и до разработки программного обеспечения (ПО), реализующего конструктивно-общесистемное моделирование в полных объёмах актуализации конструктивного пространства можно предполагать

возможность его реализуемости «вручную». Это предположение основано на той особенности конструктивной методологии, в соответствии с которой количество необходимых факторов (представляемых критериальными элементами соответствующих критериальных схем) для достаточно полного учёта комплексного представления объективного содержания организованной целостности – системы может находиться в рамках реализуемого ограничения. Это ограничение следует, как из принципа актуальной достаточности общесистемного учёта множества подсистем на каждом актуально завершённом структурно-функциональном уровне развития модели, так и из концепции **циклической схемы объективной эволюции общих систем** (представленной в основах КТС), а также из принципа вложенности конструктивных моделей.

В конкретных целях моделирования применимы следующие частные оценки близости систем, получаемые редукцией формулы (3).

Ситуационная оценка расстояния между системами

$$R_{ab[kij]} = (1 : (N^+ + N^- + 1)) \sum_{\forall i=N^-+N^+} (1 : P_{(i+1)}) \sum_{\forall \zeta(i+1) | \{ \zeta(i+1) \} | = P_{(i+1)}} \cdot R_{\zeta(i+1)} (St_{(kij)} m_{a_{\zeta(i+1)}}^{n_{\pm i}}, St_{(kij)} m_{b_{\zeta(i+1)}}^{n_{\pm i}}) \quad (5)$$

Эта оценка даёт **расстояние** между системами **в одном и том же** k_{ij} -м **состоянии** периода реализации $\Delta t^{(n_{\pm i})+1}$ их синхронизированной пары $[m_{a_{\zeta(i+1)}}^{n_{\pm i}}, m_{b_{\zeta(i+1)}}^{n_{\pm i}}]$ в его экспликации по всем структурным уровням представления модели. Также возможна временная редукция и для оценки меры близости всей совокупности элементов состава субстрата системы в соответствии с формулой (3.1).

Редукция по времени (периоду функциональной реализации) может выполняться и в различных комбинациях учёта смежных структурных уровней представления системы.

Одноуровневая оценка расстояния между системами

$$R_{ab}^{[n_{\pm i}]} = (1 : P_{(i+1)}) \sum_{\forall \zeta(i+1) | \{ \zeta(i+1) \} | = P_{(i+1)}} (1 : K_{(i)}) \sum_{\forall j | \{ (kij) \} | = K_{(i)}} \cdot R_{\zeta(i+1)} (St_{(kij)} m_{a_{\zeta(i+1)}}^{n_{\pm i}}, St_{(kij)} m_{b_{\zeta(i+1)}}^{n_{\pm i}}) \quad (6)$$

Эта оценка даёт расстояние между системами, определённое на каком-либо одном и том же $(n_{\pm i})$ -м структурном уровне организации в общей системе их функционального взаимодействия. Но при этом необходим учёт аспектов реализации, определяемых на смежном $((n_{\pm i})+1)$ структурном уровне организации системы их функционального взаимодействия.

Аналогично строятся такие редукционные формулы оценки близости между системами, как одноаспектная оценка и оценка расстояния между собственными состояниями (а также их различные комбинации).

Оценка расстояния между собственными состояниями систем

Эта оценка может использоваться при сравнении ресурсоёмкости альтернативных путей перехода системы из одного состояния в другое. Определим эту оценку между состояниями $St_{k(j1)\alpha}^{n_{\pm i}}$ и $St_{k(j2)\alpha}^{n_{\pm i}}$ в одном из **состояний** $St_{\psi}^{(n_{\pm i})+1}$ **процесса** реализации k -множества - $St_{\psi} Pr^{(n_{\pm i})+1} (m_{k(j1)}^{n_{\pm i}}, m_{k(j2)}^{n_{\pm i}})$:

$$R_{\psi(k(j1);k(j2))} = R_{\psi}(St_{k(j1)}^{n_{\pm i}}, St_{k(j2)}^{n_{\pm i}}) = (1 : (N^+ + N^- + 1)) \sum_{\forall i=N^-+N^+} (1 : P_i) \sum_{\forall \xi(i+1) | \{ \xi(i+1) \} | = P_i} \cdot \sum_{\forall (\kappa i) | (\kappa i) = k(j1), k(j2)} R_{\psi}(St_{\xi(i+1)(\kappa i)}^{n_{\pm i}}, St_{\xi(i+1)(\kappa i)+1}^{n_{\pm i}}) \quad (7)$$

Этим получена оценка усреднённой суммы расстояний между смежными состояниями на временном отрезке $\Delta t = |t_{k(j1)}^{n_{\pm i}} - t_{k(j1)}^{n_{\pm i}}|$. Такая оценка может быть получена для каждой траектории развития процесса функциональной реализации системы.

При этом, так же как и в формуле (3.1), каждой кумулятивной оценке вдоль конкретной траектории $St_{\psi} Pr^{(n_{\pm i})+1} (m_{k(j1)}^{n_{\pm i}}, m_{k(j2)}^{n_{\pm i}})$ ставится в соответствие явное структурно-процессуальное представление самого этого отрезка траектории:

$$R_{(k(j1);k(j2))\alpha} = \{R_{\psi(k(j1);k(j2))\alpha}\} = \{R_{\psi(k(j1);k(j2))\alpha}; St_{\psi} Pr^{(n_{\pm i})+1} (m_{k(j1)\alpha}^{n_{\pm i}}, m_{k(j2)\alpha}^{n_{\pm i}})\} \quad (7.1)$$

Минимальное значение оценки расстояния между собственными состояниями системы определяется как её минимальное значение по всем альтернативным вариантам процесса её функциональной реализации:

$$R_{[t]}(St_{ki(j1)}^{n\pm}, St_{ki(j2)\alpha}^{n\pm}) = \min_{\forall \psi} \{R_{\psi}(St_{ki(j1)\alpha}^{n\pm}, St_{ki(j2)\alpha}^{n\pm})\} \quad (7.2)$$

Заметим, что цикл процесса реализации m_{α}^n выполняется в пределах периода реализации соответствующего состояния актуализирующей среды: $\Delta t^n(\text{Pr}m_{\alpha}^n) \in \Delta t^{n+1}(\text{Pr}OEnv^{n+1}_{\alpha})$.

Оценка расстояния между собственными состояниями важна для определения ресурсной затратности тех или иных вариантов достижения целей без разрушения исходной системы.

Вследствие «огрубления» модели на каждом уровне актуализации возможно определение набора смежных состояний переходов с равными значениями минимальных оценок расстояния. В этом случае минимальное значение оценки расстояния между смежными состояниями системы определяет логико-временную составляющую общесистемного **параметра свободы** её **реализации** $Fr(t)m_{\alpha}^n$:

$$|Fr(t)m_{\alpha}^n| = \{\sum_{\forall k} |R(St_{k+1}m_{\alpha}^n) | | R(St_k m_{\alpha}^n, St_{k+1}m_{\alpha}^n)_{k=\min}\} \quad (8)$$

Чем больше вариантов перехода k-го состояния в смежные, тем больше значение оценки ситуационной составляющей общесистемного параметра его свободы. Это противоречит закону оптимизирующей адаптации, но такая ситуация возможна вследствие актуальной ограниченности (огрубления) процесса k-моделирования на каждом структурном уровне развития. При этом такое «актуальное огрубление» минимального значения оценки расстояния между состояниями системы определяет реализацию закона оптимизирующей адаптации в пределах методологического ограничения на каждом актуальном уровне развития модели.

Точечная оценка расстояния между k-множествами

В k-моделировании могут применяться комбинационные оценки, например: ситуационно-аспектная, аспектно-одноуровневая, «точечная» и т. п. Приведём формулу «точечной» оценки расстояния между системами (на одном уровне, в одном аспекте и в одном состоянии):

$$R_{ab[s][k]}^{[n]} = R(St_{kn}m_{a(s)n}^{(a)}, St_{kn}m_{b(s)n}^{(b)}) \quad (9)$$

Т. о., оценка расстояния между системами есть усредненная (по всем трём «пространственно-временным координатам») сумма точечных оценок расстояний между ними: 1) структурно-функциональным уровнем, 2) аспектам и 3) логико-временным состояниям.

Редуцированные оценки могут быть использованы для общесистемного анализа предметно ориентированных моделей и обоснования качественной оценки эффективности соответствующих предметно- и объектно-ориентированных методов системного анализа.

С другой стороны, представление традиционных моделей системного анализа редуцированными общесистемными оценками обеспечивает конструктивный синтез этих моделей в эффективные моделирующие комплексы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вследствие изоморфности концептуальных основ КТС концептуальным основам теории проектирования компьютерных систем и их программно-операционного обеспечения реализация k-методологии в информационно-технологической среде компьютерных сетей предполагается исключительно эффективной. Но ещё более замечателен тот факт, что сама **функциональная структура этой технологической среды** является **полностью изоморфной общетеоретической функциональной структуре конструктивной системы**.

Поэтому правомерно утверждать, что сама **реализация концепции РП** представляет конструктивную, открытую, саморазвивающуюся модель **общей системы интеллекта** (в форме «искусственного интеллекта» – как концептуальный синтез его «сильной» и «слабой» парадигмы).

Всё это свидетельствует о полной и конструктивной адекватности концепции КТС и концепции РП целям и задачам создания ОТС. В области «существенно сложных» систем, какими являются сложные социально-экономические и технологическо-экологические системы, общесистемная методология КТС, по сути, является единственной эффективной методологией.

Основное применение оценки расстояния между системами состоит в технологической реализации основного

объективного закона КТС – закона оптимизирующей адаптации в информационно-технологической среде. Этим также обеспечивается решение задачи выработки оптимизирующих решений в РП в автоматическом режиме методом «последовательных приближений».

Путём использования редуцированных оценок расстояний между системами могут выполняться автоматические сравнения сложных систем по отдельным параметрам или их группам. (Эти параметры эффективно определяемы методом синтеза критериальных элементов в критериальных схемах.)

Метод использования редуцированных оценок применим также для функциональной организации предметно- или объектно-ориентированных исследований в информационно-технологической среде РП. И наоборот: реализация именно этого подхода обеспечивает синтез «канонических» предметно- или объектно-ориентированных моделей системного анализа в эффективные функционально целостные комплексы и системы, чем достигается эффективность использования всего накопленного потенциала системных исследований.

Таким образом, разработанная общесистемная формула оценки расстояния между системами является исключительно эффективной и обеспечивает (в составе всего инструментального комплекса общесистемной методологии КТС) единую методологическую платформу для функционально целостного синтеза общей системы научно-прикладной деятельности.

© **О. Г. Захарчук**

Список литературы

1. Захарчук О. Г. «Начала конструктивной методологии актуального моделирования общих систем». РN№ ВНТИЦ: 72200300053. – М.: ФГУП «ВНТИЦ», 2003.
2. Захарчук О. Г. Основы конструктивной теории общих систем. Решающее поле как функциональная модель подсистемы, оптимизирующей адаптации ноосферы. [Электронный ресурс]: <http://zakharchuk.dialog21.ru>, 2012.
3. Якунин В. И. Формирование геостратегий России. – М.: Мысль, 2005.
4. Mandelbrot B. Business, v.36 (394), 1963; Mandelbrot B., Van Ness J. SIAM Rev., v. 10 (422), 1968.
5. Костюк В. Н. Нестационарная экономика: Влияние роста сложности на экономическое развитие. – М.: ЛЕНАНД, 2013.
6. Половников В. А., Пилипенко А. И. Финансовая математика. – М.: Вузовский учебник, ВЗФЭИ, 2004.
7. Захарчук О. Г. Концептуальный язык формализованного описания интегрированных САПР с элементами искусственного интеллекта. – В сб.: Искусственный интеллект и проблемы организации знаний. – М.: Издательство ВНИИСИ. – 1991. – Вып. 8.
8. Пригожин И. «От существующего к возникающему». – М.: «УРСС», 2002.
9. Каплан Роберт С., Нортон Дейвид П. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003.