

Энтропийные параметры структурных моделей систем Сергеев Д. А.

*Сергеев Дмитрий Анатольевич / Sergeev Dmitriy Ahatolevich – доцент, кандидат технических наук,
кафедра информационных и измерительных систем и технологий,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,
г. Новочеркасск, Российская Федерация*

Аннотация: в статье описаны процедуры определения энтропийных параметров структуры и использования их в проектной концепции, формирующей структурно-функциональные свойства системы.

Ключевые слова: энтропия, структура, система, эволюция, надежность.

Проектирование систем, основанное на итерационных моделях жизненного цикла проекта, содержит индуктивные решения, характеризующиеся существенной неопределенностью. Действенным средством уменьшения связанными с ними рисков является визуальное сопровождение проектной деятельности. На этапе анализа проблемы получила широкое применение методология функционального моделирования [1], графическая нотация которой выполняется в горизонтальной («вход» - «выход») и вертикальной («управление» - «исполнитель») проекциях. Визуальный образ модели представляется в виде схемы, элементами которой являются диаграмма (функция) со сторонами (контактами) «вход», «управление», «выход», «исполнитель», связи между блоками реализуются стрелками (предметами).

Для повышения аналитической составляющей модели, позволяющей оценивать принимаемые решения, следует обосновать её структурные параметры (параметры порядка). С этой целью в качестве структурного параметра диаграммы в [2-4] предложен структурный конфигуратор $\Sigma = [\alpha_{ijl}]$, где α_{ijl} параметр стрелки, соединяющей выход i – го блока диаграммы с l –ым контактом (стороной) j – го блока.

Анализ свойств конфигуратора удобно выполнять с помощью проекций на плоскости: l, j «распределение ресурсов» - «функциональный состав»; i, j «цель» - «функциональный состав»; i, l «цель» - «распределение ресурсов».

В частности, двоичное представление значения α_{ijl} выражает наличие или отсутствие соединения, а содержание стрелки выражается её спецификацией СП_{ijl}, в которой описываются базовые атрибуты соответствующего предмета. Введем числовые характеристики указанных проекций конфигуратора, отражающие неопределенность принимаемых решений:

- связность выхода i -го блока с l –ми контактами блоков в пределах рассматриваемой диаграммы - $c_{il} =$

$$\sum_{j \neq i} \alpha_{ijl} ;$$

- связность l -го контакта i -го блока с выходами блоков - $c_{li} = \sum_{k \neq i} \alpha_{kil} ;$

- взаимодействие выхода i -го блока со всеми контактами j - го блока - $r_{ij} = \sum_{l \neq 3} \alpha_{ijl} .$

Приведенные характеристики отражают структурную неопределенность, обусловленную случайным характером возникновения соответствующих связей. Абсолютная неопределенность взаимодействия,

например, выхода i -го блока со всеми контактами j - го блока определяется энтропией $H_{ij} = \sum_{l \neq 3} \alpha_{ijl} H_{ijl} ,$

где H_{ijl} - энтропия предмета, рассчитываемая по спецификации стрелки α_{ijl} ;

- $S_j = (c_{1j}, c_{2j}, 0, c_{4j})$ – вектор, характеризующий связность контактов j –го блока с выходами остальных блоков диаграммы;

- $Z_i = (c_{i1}; c_{i2}; 0; c_{i4})$ - описывает связность (нагрузку) выхода i – го с контактами остальных блоков;

- $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$, где n – число блоков в дочерней диаграмме соответствующего уровня. Вектор R_i характеризует влияние реализации цели i – ым блоком на реализации целей других блоков диаграммы;

- $V = (b_{13}; b_{23}; \dots, b_{n3})$, где b_{i3} – связь выхода i – го блока с выходом диаграммы.

При функциональном моделировании проекта важной задачей является выбор проектной концепции, формирующей структурно-функциональные свойства системы. В качестве такой концепции в [5,7] предлагается использовать энтропийный подход к формированию структур.

Конструктивной реализацией энтропийного подхода является аксиома Джюмэри [6]: « для достижения цели система воспринимает информацию из окружающей среды и использует эту информацию для перестройки собственной организации (внутренней структуры), в результате которой увеличилась бы неэнтропия, и для оказания воздействия на окружающую среду».

Реализация аксиомы требует разработки механизма измерения указанных в ней параметров. Основываясь на *интегральной теории изменений*, представители которой пытаются объяснить их природу в организации как результат взаимодействия внутренних и внешних сил, будем рассматривать следующую модель:

$$\Sigma_{\text{ВО}} = (\Sigma_{\text{К}}, \Sigma_{\text{П}}, \Sigma_{\text{О}}, \Sigma_{\text{Д}}), \quad (1)$$

где $\Sigma_{\text{ВО}}$ – конфигурактор внешнего окружения (контекст);

$\Sigma_{\text{К}}$ – конфигурактор уровня деятельности; $\Sigma_{\text{П}}$ – конфигурактор уровня процессов; $\Sigma_{\text{О}}$ – конфигурактор уровня операций; $\Sigma_{\text{Д}}$ – конфигурактор уровня действий.

На рис. 1 приведена структурная модель взаимодействия внешнего окружения с анализируемой деятельностью в нотации [1].

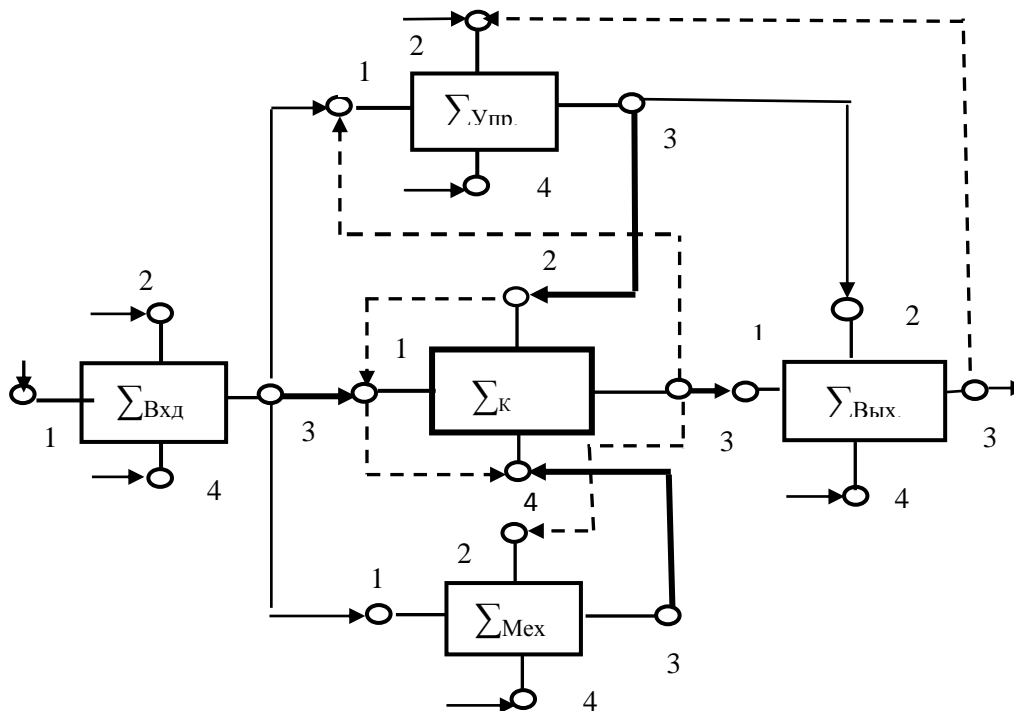


Рис. 1. Структурная модель системного анализа деятельности

В модели структурный конфигурактор $\Sigma_{\text{ВО}}$ внешнего окружения представлен конфигуракторами: $\Sigma_{\text{Вхд}}$ – источник входных данных; $\Sigma_{\text{Упр}}$ – управление; $\Sigma_{\text{Мех}}$ – механизм; $\Sigma_{\text{Вых}}$ – потребитель.

Толстыми сплошными линиями обозначены взаимодействия с соответствующими контактами анализируемой деятельности, тонкими сплошными линиями между диаграммами модели внешнего окружения, пунктирными линиями – обратные связи. При анализе особое внимание следует обращать на выявление обратных связей, так как они во многом обуславливают неопределенность внешних данных.

Учитывая описанные свойства конфигурактора, его можно рассматривать как параметр внутренней структуры в аксиоме Джюмери.

Для анализа наличия способности объекта к самоорганизации требуется информация о характере обратных связей в нем [7].

К числу количественных оценок влияния обратных связей в диаграмме относятся:

$Z_{\text{ин}} = (c_{i1n}; c_{i2n}; 0; c_{i4n})$ – прямые связи и $Z_{\text{о}} = (c_{i1o}; c_{i2o}; 0; c_{i4o})$ – обратные связи.

При этом $c_{\text{ин}} = \sum_{j>i} \alpha_{ijl}$; $c_{\text{о}} = \sum_{j\leq i} \alpha_{ijl}$

Для визуализации анализа особенностей характера реализации цели средствами диаграммы введем:

- частотные коэффициенты обратных связей i – го блока соответственно по входу, управлению и исполнителю:

$$K_{i1o} = \frac{c_{i1o}}{\sum_i \sum_l c_{i1o}}; \quad l = 1-4;$$

- частотные коэффициенты внутренних связей по ресурсам:

$$K_{i1} = \frac{c_{i1}}{\sum_i \sum_l c_{i1}}; \quad P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_i \sum_j r_{ij}};$$

обобщенные коэффициенты для диаграммы в целом:

$$K_{i1o}^f = \sum_i K_{i1o}; \quad K_i^f = \sum_i K_{i1}; \quad P_i^f = \sum_j P_{ij}; \quad K_{o/\Pi}^f = \frac{\sum_i \sum_{j\leq i} P_{ij}}{\sum_i \sum_j P_{ij}}$$

Коэффициент $K_{O/II}^f$ характеризует степень самоорганизации за счет введения обратных связей в структуре диаграммы. Построение графиков распределений частотных коэффициентов K_{il} по ресурсам (контактам) позволяет отразить особенности проектной реализации цели рассматриваемой диаграммы. Вид распределения обобщенных коэффициентов K_l^f по уровням содержит информацию о закономерностях декомпозиции.

В [8] в качестве параметра изменений (эволюции) системы E предложено отношение приращения количества информации, получаемой из внешней среды, к вызванному им изменению внутренней структуры, что приводит уменьшению неопределенности организации системы.

С учетом введенных параметров конфигуриатора Σ^f для приращения параметра эволюции диаграммы f -го уровня можно выписать выражение:

$$\Delta E^{(f)} = \frac{\Delta I^{f-1}}{\Delta \Sigma^f}, \text{ где } \Delta I^{f-1} = \sum_i \sum_l i_{il}^{f-1}; i_{il}^{f-1} = H_{il}^{f-1} - H_{il}^f; H_{il}^f = -\ln K_{il}^f,$$

(при $K_{il}=0, \ln K_{il}=0$)

Учитывая, что векторы Z и R являются проекциями конфигуриатора Σ , приращение $\Delta \Sigma^f$ можно определить как разность между обобщенными коэффициентами диаграмм $f-1$ и f -го уровней:

$$\Delta \Sigma^f = \sqrt{\sum_l (K_l^{(f-1)} - K_l^{(f)})^2 + (P_l^{(f-1)} - P_l^{(f)})^2}$$

При реализации минимаксного подхода должно выполняться условие $\Delta \Sigma^f \geq 0$.

В [3] предложена процедура расчета показателей надежности системы по структурным конфигуриаторам её IDEFO модели. Строя график гистограмм по категориальной переменной – надежность системы, получаем возможность проводить визуальный анализ влияния структурных свойств проекта на обеспечения требуемых надежностных свойств системы.

Таким образом, предложенные в статье энтропийные параметры структурных свойств системы позволяют выполнять контролируруемую процедуру проектирования системы по её интегральному свойству - надежность.

Литература

1. Р 50.1.028-2001. Методология функционального моделирования.
2. *Сергеев Д. А.* Информационные оценки в функциональном моделировании бизнес-процессов. Экономика и социум. 2013 №1(6). С. 709-713.
3. *Сергеев Д. А.* Построение модели надежности системы. Экономика и социум. 2015 №1(6). №1-4 (14). С. 576-581.
4. Оперативный контроль параметров процесса массопереноса при изготовлении изделий методом намотки. Наука, техника и образование. №2. Издательство «Проблемы науки» М., 2015. С 54-57.
5. *Левич А. П.* Энтропийная параметризация времени в общей теории систем. Вестник Российского гуманитарного научного фонда, 2002, №1, С. 110-115.
6. *Дж. Клир.* Системология. Автоматизация решения системных задач. М., «Радио и связь», 1990.
7. *Громов А. И., Ставенко Ю. А.* Энтропийный подход к моделированию бизнес процессов. НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва <http://www.hse.ru/data/2011/06/16/1212282823>.
8. *Дж. Касты.* Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. М., Мир 1982. С.25.