

## Подход к оценке устойчивости системы через моделирование организационной структуры объекта

© 2017 Данелян Тэя Яновна

кандидат экономических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационной безопасности

© 2017 Смирнов Владислав Дмитриевич

© 2017 Епихин Максим Николаевич

Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова  
117997, г. Москва, Стремянный пер., д. 36  
E-mail: tdanelan@yandex.ru

Актуальность данной темы обусловлена использованием направления структурного моделирования для описания и изучения поведения экономических объектов в целях принятия решения по выбору наилучшего состояния, в котором может находиться экономический объект в плане устойчивости, функциональности, доходности и системной совместимости между экономическими объектами.

*Ключевые слова:* система, моделирование, объект, структура, функционирование, устойчивость, надежность, доходность.

### Введение

Надежность системы зависит от ее устойчивости. Система будет устойчива, если она защищена от помех и ее функционирование постоянно и не нарушается внешними факторами. Помехозащищенность системы строго определяется организационной структурой, следовательно, необходимо уметь реализовывать структурное моделирование и уметь его оценивать. Далее излагается возможный подход к реализации структурного моделирования и оценке структур.

Моделирование - исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих объектов, процессов или явлений с целью получения объяснений этих явлений, а также для предсказания явлений, интересующих исследователя.

Структурное моделирование тесно связано с математическим, имитационным и статистическим моделированием в определенных случаях, а именно: при создании экономического объекта и расчете структурных характеристик; при моделировании работы системы при фиксированном факторе; при моделировании периода работы системы во временном плане.

Исходя из вышесказанного о направлениях моделирования, можно их свести к двум основным: структурному и функциональному моделированию.

Структурное моделирование предназначено для построения и модификации организационных структур экономических и других систем и оптимизации структурных связей. Структурное

моделирование (моделирование структурными уравнениями) можно кратко определить как совокупность методов многомерного анализа, позволяющих изучать взаимосвязи между наблюдаемыми и ненаблюдаемыми явлениями (переменными). Рассмотрим его подробнее.

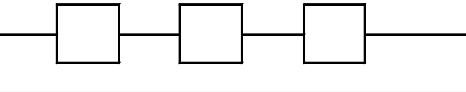
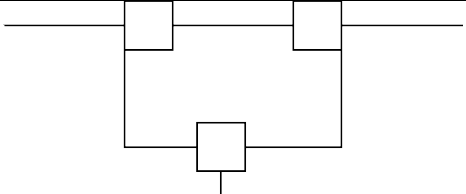
Структурное моделирование - это моделирование состава и связей между элементами системы. Оптимальное функционирование системы в целом определяется правильной организацией структуры подсистем и отражается в максимальной доходности системы (объекта). Структуры подсистем могут меняться в зависимости от внутренних и внешних факторов. В табл. 1 отражена структура системы во взаимосвязи с результатами ее работы.

Для управленца важны столбцы 2 и 6 табл. 1. Таким образом, необходимо построить структуру системы  $Z_j(\Sigma)$ , у которой будет соответствующий рейтинг  $I(\Sigma)$ , он будет отвечать эталонному весу системы  $V_{\max}(\Sigma)$ , получающей максимальный доход  $F$ . Для того чтобы оценить структуру, необходимо корректно провести структурное моделирование и выставить интегрированную структурную оценку (структурный рейтинг). Ниже в статье рассматривается сущность структурного моделирования.

### Сущность структурного моделирования

Качество функционирования системы определяется совокупностью всех показателей системы, т.е. вес (рейтинг) системы связан с качеством функционирования системы.

Таблица 1. Таблица соответствия ( $T_\Sigma$ ), связь структуры системы  $C(\Sigma)$  с результатом работы  $\Sigma$

№ п/п	$F_i$	$S_{ij}$ факт	Схема системы $Z_{ij}(\Sigma)$	S-фактор	C
1	2	3	4	5	6
1	$F_1$	$S_{1m}$		$(S_1^* \dots)$	
...		...	...		
$k$	$F_k$	$S_{km}$		$(S_1^* \dots S_k^*)$	

Примечание. Обозначения:

$F_i$  - max (min) доходности системы;

$S_{ij}$  - влияние  $j$ -го фактора на  $i$ -й исход (значение  $j$ -го фактора при  $F_i$  доходе);

$S^j$  - фактор-вектор или вектор ситуаций  $S = (S_1, S_2, \dots, S_k)$ ;

$C$  - рейтинг или вес системы ( $C(\Sigma)$ ) или  $V(\Sigma)$ ;

$Z_{ij}(\Sigma)$  - схема системы  $\Sigma$  (проект или организационная структура).

Структурные и функциональные показатели качества системы можно разделить на единичные ( $ПК^E$ ), групповые ( $ПК^Г$ ) и интегрированные ( $ПК^Э$ ).

Единичный показатель  $ПК^E$  связан с одной структурной или функциональной характеристикой системы  $X_i$ , так,  $X_i$  - единичная характеристика системы, а совокупность всех единичных характеристик  $X = \{X_i\}$ . Единичными характеристиками системы являются характеристики, связанные со структурой системы (пропускная способность, иерархичность, сложность, информативность), и характеристики, связанные со способами функционирования системы (пропускная способность системы, функциональная сложность, надежность). Таким образом, сущность структурного моделирования состоит в разработке модели вычисления структурных характеристик и веса системы  $ПК^E(\Sigma)$ .

Групповой показатель  $ПК^Г$  - группа характеристик системы, где множество вида  $X = \{\{X_j^k\} \dots \{X_k^p\}\}$  - это множество возможных типов  $k$  и  $p$  групповых характеристик.

Интегрированный  $ПК^Э$  связан с рейтингом системы. В теории экспертных оценок данный показатель называется весом системы. Для вычисления веса необходимо из единичных характеристик построить интегрированную. Экспертные оценки применяются для определения существенных единичных характеристик, в результате в определении веса системы не будут учитываться несущественные единичные характеристики.

Среди методов экспертных оценок выбраны методы характеристик балльных и численных оценок. Ниже представлен алгоритм структурного моделирования характеристик.

**Алгоритм структурного моделирования сложных систем:**

1. Построить структуру с использованием любого доступного средства.

2. Рассчитать количественные значения структурных характеристик  $X_i^{df} \cong k_i$ .

Формализация вычисления структурных показателей системы  $\Sigma$ .

1)  $k_1$  - сложность -  $(k_1^*, k_1^{**})$

$$k_1^* : c = (1 + \xi \mu) \bar{e}; \quad (1)$$

$$\mu = \left\{ \mu_1 = \frac{M}{N(N-1)} \right\}; \quad \mu_2 = \frac{M}{N(N-1)k(k-1)};$$

$$\mu_3 = \frac{M}{N(N-1)k(k-1)r(n+m)(r(m+n)-1)}, \quad (2)$$

где  $k$  - количество элементов;

$N$  - количество уровней (путей);

$n+m$  - количество выходов по управлению и по информации;

$r$  - количество входов;

$C$  - структурный коэффициент;

$\mu_1, \mu_2, \mu_3$  - вычисляются в зависимости от мощности элементного  $E$ -множества системы;

$\xi$  - сложность изготовления элемента и сложность изготовления связи между ними

$$\bar{e} = \sum_{i=1}^N e_i k_i. \quad (3)$$

где  $\bar{e}$  - сложность изготовления всех элементов  $i$ -х типов;  
 $e_i$  - сложность изготовления элементов  $i$ -го типа;  
 $k_i$  - количество элементов  $i$ -го типа;  
 $M$  - количество реально существующих связей;  
 $N$  - количество подсистем / элементов в системе;  
 $\mu$  - относительный коэффициент, используется для подсчета сложности ( $\mu_1, \mu_2, \mu_3$ );  
 $m$  - количество выходов по  $I$ ;  
 $n$  - количество выходов по  $f$ .

Если система задана как проект, т.е. в статике, то  $c = \mu$ .

$k_1^*$  - структурная стоимость;  
 $k_2^{**}$  - функциональная стоимость;

$$k_1^{**} : (M \cdot L)k = V_F, \quad (4)$$

где  $M$  - количество параллельных работ;  
 $L$  - самая сложная работа (длина самой длинной цепочки процесса);  
 $k$  - относительный коэффициент, связанный с внедрением системы в среду реализации;  
 $V_F$  - объем требуемых работ, для которых необходимо выполнить получение конечного результата;  
 2)  $k_2$  - надежность ( $R$ )

$$R_1 = \frac{K_V}{N}, \quad (5)$$

где  $K_V$  - количество элементов с максимальным числом входов;  
 $N$  - общее число элементов в  $\Sigma$  (системе).

$$\text{Или } R_2 = \frac{\#S\#}{M}. \quad (6)$$

где  $\#S\#$  - количество подсистем в системе;  
 $M$  - общее число связей.

Формулы (4, 5, 6) применимы, если система дана как схема (проект).

При работающей система  $R$  считается по формуле (7):

$$R = (T^H, \bar{T}, P, \Delta), \quad (7)$$

где  $T^H$  - время нормальной работы системы;  
 $\bar{T}$  - среднее время безошибочной работы системы;  
 $P$  - вероятность безошибочной работы системы в заданном отрезке времени;  
 $\Delta$  - количество ошибок в системе в заданном отрезке времени;

3)  $k_3$  - пропускная способность, определяет max/min работу системы по времени.

$$P_1 = \frac{\#S_I^I\#}{\#S\#}, \quad (8)$$

$$P_2 = \frac{M}{(H \cdot L)K}, \quad (9)$$

где  $\#S_I^I\#$  - количество однотипных подсистем по  $I$ -информации;  
 $L$  - длина вычислительной цепочки;  
 $H$  - степень параллелизма работ (количество одновременно выполняемых работ);  
 $\#S\#$  - количество подсистем в системе;

4)  $k_4$  - универсальность. Сколько видов деятельности может воплощаться в системе.

$$U_1 = \frac{K_V}{N}, \quad (10)$$

$$U_2 = \frac{\#\tilde{S}^*\#}{\#S\#}, \quad (11)$$

где  $K_V$  - количество элементов с максимальным числом разнотипных входов;  
 $N$  - количество всех элементов в системе;  
 $\#\tilde{S}^*\#$  - количество подсистем разнотипных по функциям;  
 $\#S\#$  - число подсистем в системе;  
 5)  $k_5$  - информативность:

$$I_\varepsilon = \frac{\bar{K}_I}{N}, \quad (12)$$

где  $\bar{K}_I$  - количество элементов с максимальным числом однотипных информационных выходов;  
 $N$  - общее число элементов;  
 6)  $k_6$  - иерархичность:

$$Y^e = \frac{\#Y^f\#}{\#Y\#}, \quad (13)$$

где  $\#Y^f\#$  - количество уравнений (путей) по типам иерархии: управление, информация, функции, деятельность, время;  
 $\#Y\#$  - общее количество уравнений (путей) в системе.

Наименьшая иерархичность -  $Y^f$  - должна быть по управлению и наибольшая по функциям;

7) строится экспертная таблица (табл. 2);

8) используются метрические значения характеристик  $k_i$  группы экспертов  $\mathcal{E}_i$  (если метод оценки по  $\mathcal{E}_j$  - то 1 до 10, если числовой метод - то  $\mathcal{E}_j$  - от 0 до 1) (табл. 2, 3);

9) проставляются в табл. 2, 3 оценки экспертов  $\mathcal{E}_j$  для каждой характеристики  $k_i$  вида  $V_{i \equiv}^{df} k_i$ , т.е.  $i$ -я оценка  $j$ -го эксперта;

10) по формуле (14) определяется усредненный вес каждой  $k_i$ -характеристики:

$$V_{ij} = \frac{j \sum V_{ij}}{j \sum i \sum V_{ij}}; \quad (14)$$

Таблица 2. Матрица весов

№	Характеристика	Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	...	Э <sub>м</sub>	V <sub>ij</sub> -вес
1	2	3	4	5	6	7
1	K <sub>1</sub>	V <sub>11</sub>	V <sub>12</sub>			V <sub>1n</sub>
2	K <sub>2</sub>	V <sub>21</sub>	V <sub>22</sub>			V <sub>2m</sub>
i	...k <sub>i</sub> = x <sub>i</sub>					
n	K <sub>n</sub> = x <sub>n</sub>	V <sub>n1</sub>	V <sub>n2</sub>			V <sub>nm</sub>

11) в табл. 2 проставляется по каждой характеристике вычисленный вес V<sub>i</sub>;

12) упорядочиваются по возрастанию значения весов характеристик k<sub>i</sub>;

13) применяется формула (15) расчета веса (рейтинга) системы к трансформированной матрице весов характеристик k<sub>i</sub>.

$$PK^E = V^\Sigma = \sum_1^n X_i \bar{V}_i, \quad (15)$$

где PK<sup>E</sup> - рейтинг системы;

X<sub>i</sub> - метрическая величина характеристики k<sub>i</sub>;

k<sub>i</sub> - i-я характеристика системы;

$\bar{V}_i$  - усредненные оценки (вес) характеристики k<sub>i</sub>;

V<sup>Σ</sup> - общий вес системы.

Для табл. 2:

Э<sub>j</sub> - j-й эксперт;

V<sub>ij</sub> - оценка i-й характеристики j-м экспертом.

Величина балла в зависимости от количества характеристик k системы Σ определяется в интервале от 1 до 10. Для большей точности рассчитываемого рейтинга Σ применяется метод численных оценок, т.е. оценка j-го эксперта выражается в дробях от 0 до 1 (см. табл. 3).

Таблица 3. Применение метода численных оценок

№	Критерий	Эксперты			
		Э <sub>1</sub>	Э <sub>2</sub>	Э <sub>i</sub>	Э <sub>м</sub>
1	X <sub>1</sub> = k <sub>1</sub>				
2	X <sub>2</sub> = k <sub>2</sub>	0.01	0.05		1
...	...				
N	X <sub>i</sub> = k <sub>N</sub>				

Шаг 10\*. Рассчитывается усредненный вес по формуле (16) после заполнения табл. 3 (шаг 10 заменяется на шаг 10\*).

$$\bar{V}_i = \frac{\sum_{i=1}^m V_{ij}}{M}. \quad (16)$$

Чтобы связать рейтинг системы со способностью системы хорошо выполнять заданную работу, связывают процесс вычисления рейтинга с функциональным моделированием работы системы. Если необходимо провести моделирование работы системы во времени, то используют имитационное и статистическое моделирование. Полученные результаты структурного и функционального моделирования системы вносятся в табл. 1 соответствия.

### Заключение

Подводя итог, можно утверждать, что результаты структурного моделирования должны быть связаны с результатами функционального моделирования, в силу того что структура - это один из внутренних факторов, влияющих на моделирование работы системы в аспекте ее функционирования. Таким образом, для моделирования работы системы в целом нужно активизировать оба направления моделирования системы - как структурное, так и функциональное.

1. Замятина О.М. Моделирование систем : учеб. пособие. Томск, 2009.

2. Данелян Т.Я. Структурное моделирование // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2014. □ 6.

3. Данелян Т.Я. Применение математико-статистических методов для функционального моделирования экономических систем // Образование. Наука. Научные кадры. 2016. □ 1.

4. Данелян Т.Я. Теория систем и системный анализ (ТСиСА) : учеб.-метод. комплекс. Москва, 2010.

5. Данелян Т.Я. Экономические информационные системы предприятий и организаций. Ч. 1. Москва, 2005.

6. Виленкин Н.Я. Комбинаторика. Москва, 1969.

7. Орлов А.И. Экспертные оценки : учеб. пособие. Москва, 2002.

Поступила в редакцию 01.12.2016 г.