

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

к.т.н. С.Н. Звиглянич, В.И. Рябуха  
(представил проф. А.В. Королёв)

*Предложен подход для определения показателей качества функционирования автоматизированных систем управления. Введенные в рассмотрение показатели позволяют получить количественную оценку качества рассматриваемых автоматизированных систем управления.*

В основу предлагаемого в статье подхода к определению показателей качества функционирования автоматизированных систем управления положено представление автоматизированной системы управления в виде большой системы, позволяющее количественно оценить информационную возможность каждого пункта управления и системы в целом путем введения в рассмотрение информационных потенциалов. Кроме того, предложенное представление модели системы управления в виде графа и нахождение в нем минимального остовного дерева дает возможность определить граничные значения информационного потенциала системы управления.

Представим автоматизированную систему управления (далее систему управления) в виде сложной системы как совокупность пунктов управления (элементов системы), связанных некоторым образом между собой. Отношения между элементами-пунктами управления определим типами связей. Будем учитывать следующие типы связей:

- управляющие;
- функциональные;
- информационные.

В качестве исходных данных определим вероятности наличия и вос-

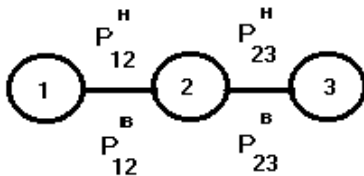


Рис. 1. Пример связей между объектами системы

становления связи между  $i$ -м и  $j$ -м объектами системы в рассматриваемый период времени – соответственно  $P_{ij}^н, P_{ij}^в$  для всех типов связей (рис. 1).

В зависимости от назначения каждого пункта управления в системе в целом, на основе экспертной оценки учтем значение той или иной связи

коэффициентом важности  $k_{ij}$ , принимающего значения в диапазоне от

0 до 1.

Рассмотрим с учетом связей возможные состояния некоторого пункта управления. Пусть для определенности (рис. 1) данный пункт 2 имеет управляющие связи с 1 и 3 пунктами системы. На рис. 2 представим воз-

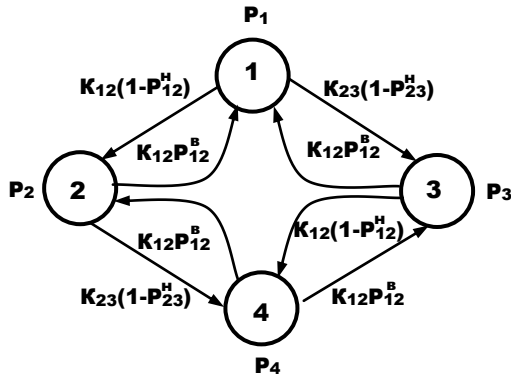


Рис. 2. Возможные состояния пункта 2

можные состояния 2 пункта. Интенсивности переходов сопоставим с вероятностями отказа и восстановления функционирования существующих связей с учетом коэффициента их важности. Положим процесс перехода из состояния в состоянии стационарным. Запишем уравнения Колмогорова [1]:

$$\begin{aligned}
 p_2 k_{12} p_{12}^6 + p_3 k_{23} p_{23}^6 - p_1 k_{12} (1 - p_{12}^H) - p_1 k_{23} (1 - p_{23}^H) &= 0; \\
 p_1 k_{12} (1 - p_{12}^H) + p_4 k_{23} p_{23}^6 - p_2 k_{12} p_{12}^6 - p_2 k_{23} (1 - p_{23}^H) &= 0; \\
 p_1 k_{23} (1 - p_{23}^H) + p_4 k_{12} p_{12}^6 - p_3 k_{23} p_{23}^6 - p_3 k_{12} (1 - p_{12}^H) &= 0; \\
 p_2 k_{23} (1 - p_{23}^H) + p_3 k_{12} (1 - p_{12}^H) - p_4 k_{23} p_{23}^6 - p_4 k_{12} p_{12}^6 &= 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

С учетом того, что в данный момент времени пункт управления может находиться только в одном из перечисленных состояний, запишем нормировочное условие

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 = 1. \tag{2}$$

Решая систему уравнений (1) с учетом (2), находим вероятности  $p_1, p_2, p_3, p_4$ .

Отсутствие (восстановление) той или иной связи является случайным событием и вносит некоторую неопределенность в знание истинного состояния рассматриваемого объекта [2]. Оценим эту неопределенность энтропией

$$H_{(2)} = \sum_{i=1}^4 p_i \cdot \log \frac{1}{p_i}. \quad (3)$$

На потенциальную возможность пункта управления выполнять свои функции значительное влияние также оказывает число связей, соединяющих его с другими пунктами управления системы.

Представим модель системы управления в виде орграфа [3]:

$$G(V(G), E(G)), \quad (4)$$

где  $V(G)$  – непустое конечное множество элементов, называемых вершинами (пункты управления);  $E(G)$  – конечное семейство упорядоченных пар элементов из  $V(G)$ , называемых ориентированными ребрами (существующие связи).

Каждая  $i$ -я вершина орграфа имеет степень – число инцидентных ребер  $S_i$ . Введем показатель, зависящий от наличия определенных типов связи данного пункта управления с другими пунктами системы с учетом введенных ранее вероятностей  $p_{ij}^h, p_{ij}^g$  для всех типов связей (для определенности, вероятности  $p_{1ij}^h, p_{1ij}^g$  характеризуют связь по управлению,  $p_{2ij}^h, p_{2ij}^g$  – функциональные связи,  $p_{3ij}^h, p_{3ij}^g$  – информационные связи):

$$K_i = S_i \left( \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^3 a_{kj} p_{kij}^h p_{kij}^g \right), \quad (5)$$

где  $n$  – число пунктов управления;

$$a_{kj} = \begin{cases} 1, & \text{если связь данного типа с } j\text{-м пунктом управления есть;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Исходя из рассмотренного выше, качество каждого пункта управления, его потенциальную возможность функционирования в системе в целом, оценим следующим показателем – информационным потенциалом пункта управления

$$\varphi_i^{PY} = \frac{K_i}{H_i}. \quad (6)$$

Тогда суммарный информационный потенциал системы управления

$$\Phi_s = \sum_{i=1}^n \varphi_i^{PY}. \quad (7)$$

Модифицируем граф модели системы управления  $G$ . Пусть связь между вершинами представляется одной дугой, вес которой определим как

$$w_{ij} = \sum_{k=1}^3 p_{kij}^h \cdot p_{kij}^e, \quad (8)$$

где  $k$  определяет тип связи.

Заметим, что меньшему значению  $w_{ij}$  соответствуют меньшие возможности по взаимодействию между  $i$ -м и  $j$ -м пунктами управления в системе.

Построим остовное дерево для модифицированного графа  $G$  с минимальной суммой весов дуг. Такое дерево называется остовным деревом минимального веса – МОД [4]. Определим для МОД информационный потенциал

$$\Phi_s^{МОД} = \sum_{i=1}^m \varphi_i^{ПУ}, \quad (9)$$

где  $m$  – число вершин, входящих в МОД.

Тогда  $\Phi_s^{МОД}$  – минимальное значение информационного потенциала системы управления. Можно утверждать, что снижение информационного потенциала ниже  $\Phi_s^{МОД}$  недопустимо.

Таким образом, введение в рассмотрение показателей  $\varphi_i^{ПУ}$ ,  $\Phi_s$ ,  $\Phi_s^{МОД}$  дает возможность оценить качество системы управления, т.е. сделать прогноз о том, может ли система управления выполнять свои функции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Вентцель Е.С. Исследование операций.* – М.: Наука, 1980. – 549 с.
2. *Тарасов Л.В. Мир, построенный на вероятности.* – М.: Просвещение, 1984. – 453 с.
3. *Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход.* – М.: Мир, 1978. – 432 с.
4. *Бертсекас Д., Галагер Р. Сети передачи данных.* – М.: Мир, 1989. – 544 с.

Поступила 11.10.2002

**ЗВИГЛЯНИЧ Сергей Николаевич**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, нач. научно-исследовательского отдела научного центра при Харьковском военном университете. В 1983 году окончил военную академию им. Ф.Э. Дзержинского. Область научных интересов – оценка эффективности применения сложных систем специального назначения.

**РЯБУХА Владимир Иванович**, преподаватель кафедры Харьковского военного университета. В 1992 году окончил военную академию связи им. С.М. Буденного. Область научных интересов – оценка эффективности систем управления войсками, систем связи.

---