



УДК 004.94

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ**STUDY CONSTRUCTION OF MULTILEVEL ORGANIZATIONAL STRUCTURE****О.В. Исаев, А.С. Кравченко, В.И. Сумин**
O.V. Isaev, A.S. Kravchenko, V.I. Sumin*Воронежский институт ФСИН России,
ул. Иркутская, 1а, 394072, Воронеж, Россия**Voronezh institute of the Russian Federal Penitentiary Service,
Irkutskaya St., 1a, 394072, Voronezh, Russia**E-mail: kr_and@inbox.ru*

Аннотация. Корректировка структуры системы управления организации должна основываться на базе следующих принципов: иерархичности структуры; альтернатив; иерархичности альтернативных способов действий; редукции от сложного к простому; конкретизации. В работе описывается подход к совершенствованию систем управления, на основе формирования многоуровневой иерархической структуры организации. В основе нового подхода стоит разработка метода построения системы управления организации, алгоритмов анализа и синтеза формирования структуры организации, метод построения структуры управления организации, отличающийся формированием многоуровневой иерархии организации. В работе описаны разработанные в рамках исследований алгоритмы анализа и синтеза формирования многоуровневой организационной структуры, отличающиеся определением многоуровневой иерархии организации на основе направленного поиска максимализации функционала. Одно из основных направлений совершенствования систем управления организацией состоит в описании разработки механизма управления, отличающегося распределением объемов выполняемых работ в организации.

Resume. Adjustment of the organization's management structure of the system should be based on the following principles: hierarchical structure; alternatives; hierarchy of alternative courses of action; reduction of the complex to the simple; concretization. The paper describes an approach to improve the management system, based on the formation of a multi-level hierarchical structure of the organization. The new approach is to develop a method of constructing an organization's management system, analysis and synthesis algorithms of formation of organization structure, a method for constructing the organization's management structure, wherein the formation of a multi-level hierarchy of the organization. The paper describes the developed under the research analysis algorithms and synthesis of forming a multi-level organizational structure, characterized by definition multi-level hierarchy of the organization on the basis of directed search maximizing functionality. One of the main ways to improve the organization of control systems is to describe the development of the control mechanism, characterized by the distribution of the volume of work performed in the organization.

Ключевые слова: система управления, структура организации, формализация функционирования элементов структуры, корректировка целей, иерархическая структура организации, укрупненный граф, оптимальная иерархия.

Keywords: control system, organizational structure, formalization of the functioning of the elements of the structure, the adjustment of goals, the hierarchical structure of the organization, an enlarged graph, optimal hierarchy.

Одним из главных направлений разработки системы управления (СУ) практически всех организаций является формирование ее структуры с использованием анализа и синтеза ее функционирования, т.е. приведение ее структуры организации в соответствие ее целям, задачам и требованиям нормативных документов. Анализ и синтез структур организации осуществляется следующим образом: определяется структура организации; производится формализация функционирования элементов структуры организации; определяются цели функционирования элементов структуры организации.

В наше время необходимо постоянно корректировать цели организации. Корректировка целей в структуре организации должна основываться на базе следующих принципов: иерархичности структуры; альтернатив; иерархичности альтернативных способов действий; редукции от сложного к простому; конкретизации [Душкин, Щербакова, 2013, Громов и др., 2013,



Меньших, Пастушкова, 2014].

Формирование структуры организации осуществляется, на основе анкетирования и экспертного анализа учета взаимодействия элементов этой структуры, осуществляемое за счет: определение частоты управленческих решений (УР); формализация принятия УР руководителем организации для подчиненных; уровень участия руководителя организации в принятии УР подчиненными.

На основе этого определяется структура организации, представляемая в виде графа $G(V, E)$, где V – множество структурных элементов организации, E – множество управляющих связей между элементами организации [Jerome, Kaashoek 2009, Сумин, Цветков, 2010, Сумин, Смоленцева, 2014].

Определим через $E(v), v \in V$ множество всех дуг вида (v', v) , где $v' \in V$.

Определим коэффициенты инцидентности $U(e)$ через $e \in E$ для любого $v \in V$.

$$\sum_{e \in E(v)} U(e) = 1$$

Если в вершину v входит только дуга e , тогда $U(e) = 1$, считаем, что из множества $E(v)$ будет оставаться одна дуга, тогда справедливо следующее выражение:

$$U(e_0) = \max_{e \in E(v)} U(e).$$

Такое описание графа G в виде иерархической структуры не будет в полном объеме отражать функционирование организации.

Можно формировать граф G в виде иерархической структуры в построении укрупненного графа G вершины, которого будут формироваться объединением некоторых структурных элементов из множества V в один элемент, тогда это граф будет ориентированным графом без контуров. Для этого разобьем множество V на подмножества V_1, V_2, \dots, V_n , для которых нет входящих дуг $e \in E$ и множество всех вершин $v \in V_k = V \setminus V_1, \dots, V_k$ таких, что им идентичны только дуги $(v', v) \in E$, где $v' \in V_1 \cup V_2 \cup \dots \cup V_k$ для $k = 1, 2, \dots$. Считаем, что n максимальное значение индекса k при v_k .

Разбиение структуры организации на попарно непересекающиеся подмножества V_1, V_2, \dots, V_n . Множество вершин графа G будем называть многоуровневой иерархией. Для подмножеств V_1, V_2, \dots, V_n нет дуг $e(V_1, V_2)$ таких, что $v_1 \in V_k, v_2 \in V_j$ и $k > j$. На первом этапе определяется иерархическая структура организации и производят связку с глобальной целью ($Ц_i$) организации. Подцели λ -го уровня целей определяется через $Ц_\alpha$ где $\alpha = (1, i_1, i_2, \dots, i_{\lambda-1})$ эквивалентно значению λ -го уровня дерева целей. Будем считать, что ρ^α – есть состояние системы S_α , где $|\alpha| = L, -|\alpha| \in \{1, \dots, L\}$, а u_α управляющее $S_\alpha, i = 1, 2, \dots, \gamma_\alpha$ воздействие этой системы на элементы организации ниже лежащих уровней.

В соответствии с целями $Ц_{\alpha i}, i = 1, \dots, \gamma^\alpha$ решаются задачи из семейства $\{Z^\alpha\}, j = 1, \dots, \mu^\alpha$.

Предполагаем, что для СУ организации является ориентированным графом без контуров $G(V, E)$ (V – вершины графа, т.е. множество структурных элементов СУ организации, E – дуги графа, т.е. множество связей в структуре организации в виде дуг $(\rho_1, \rho_2) \in E$, если структурный элемент организации ρ_2 управляется ρ_1).

Граф G в полном объеме невозможно идентифицировать структуру организации S_α . Следовательно, целесообразно выбрать граф G , который был бы адаптирован с требуемой структурой организации S_α .

Разбиение множества вершин $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ на попарно непересекающиеся множества $V_k \subseteq V$ называется многоуровневой иерархической структурой [Саати, 1998], если не существует дуг $(\rho_1, \rho_2) \in E$ таких, что $(\rho_1 \in V_k, \rho_2 \in V_j, k > j)$.

Необходимо решить задачу сформировать СУ организации с учетом соответствия структурных целей ($Ц_\alpha$) с задачами $\{Z^\alpha\}, j = 1, \dots, \mu^\alpha$, которые этой организации с учетом объема выполняемых работ (ОВР) в каждом элементе структуры организации этими задачами [Sumin et al., 2016].

Введем относительный ОВР $w^\alpha(\rho)$ элемента $(\{Z^\alpha\}, j = 1, \dots, \mu^\alpha)$ причем $\sum_{\alpha \in A} \sum_{j=1}^{\mu^\alpha} w^\alpha(\rho) = 1$

Определив относительную ОВР по структурам ОС (ρ) задач будем иметь распределение



этих задач в виде: $W(\rho) = W_1(\rho), W_2(\rho), \dots, W_L(\rho)$, где $W_\lambda(\rho) = \sum_{\sigma \in A_\lambda} \sum_{j=1}^k w^{\sigma_j}(\rho)$, здесь $W_\lambda(\rho)$ – это относительная ОВР в элементе ρ решением задач, соответствующих целям λ -го уровня дерева целей.

Следовательно, формирование многоуровневой организационной системы $\sigma = (V_1, V_2, \dots, V_L)$ множества вершин графа $G(V, E)$ возможно определением с максимизацией функционала:

$$H_L(\sigma) = \sum_{\lambda=1}^L \sum_{\rho \in V_\lambda} W_\lambda(\rho) \tag{1}$$

Максимум функционала возможно определять на разбиении $\sigma^* = (V_1^*, V_2^*, \dots, V_L^*)$ следующим образом

$$V_1^* = \left\{ \rho \in V : W_1(\rho) = \max_{\lambda} W_\lambda(\rho) \right\}, \quad V_{k+1}^* = \left\{ \rho \in \overline{V}_k : W_{k+1}(\rho) = \max_{\lambda=k} W_\lambda(\rho) \right\}, \quad \text{для } k = 1, 2, \dots, L-1,$$

где $\overline{V}_k = V \setminus V_1^* \setminus \dots \setminus V_k^*$.

Считаем, что для многоуровневой организационной системы σ существует $I_L(G)$ – множество всех разбиений графа G в этом случае

$$f_L(V) = \max_{\sigma \in I_L(G)} H_L(\sigma) \tag{2}$$

Выражение (2) есть функциональное уравнение Беллмана:

$$f_L(V) = \max_{X \subseteq V; \Theta(X)=X} \left\{ \sum_{\rho \in X} W_L(\rho) + f_L(V \setminus X) \right\},$$

где $\Theta(X)$ для любого подмножества $X \subseteq V$ есть множество вершин графа G , для которых можно определить путь из X .

Необходимо определить иерархии σ , на основе определения максимума функционала. Считаем, что в графе G имеется множество $I_L(G)$ (L – уровни иерархий), на котором определим отношение порядка такое, что $\sigma_1 \leq \sigma_2$, в том случае, если справедливо выражение:

$$\overline{V}_k^1 \subseteq \overline{V}_k^2, \quad \text{где } \overline{V}_k = V \setminus V_1 \setminus \dots \setminus V_k,$$

где: $k = 1, 2, \dots, L-1$.

Тогда для любого подмножества множества $I_L(G)$ можно определить точные нижняя (σ') и верхняя границы (σ'') определяются выражениями: $\overline{V}_k^{\sigma'} = \bigcap_{\sigma \in I} \overline{V}_k^{\sigma}$, $\overline{V}_k^{\sigma''} = \bigcup_{\sigma \in I} \overline{V}_k^{\sigma}$.

Следовательно справедливо выражение:

$$H(\sigma') + H(\sigma'') = H(\min\{\sigma', \sigma''\}) + H(\max\{\sigma', \sigma''\}),$$

где для любых $\sigma^1, \sigma^2 \in I_L(G)$.

После определения множества $I_0^L(G)$ оптимальных разбиений при $\sigma^1, \sigma^2 \in I_L(G)$ полученное выражение преобразуется в:

$$H(\min\{\sigma^1, \sigma^2\}) + H(\max\{\sigma^1, \sigma^2\}) = H(\sigma^1) = H(\sigma^2).$$

Следовательно, подмножества $I_0^L(G)$ являются оптимальными иерархиями и множество $I_0^L(G)$ является решеткой в смысле введенного порядка.

Все это, позволяет разработать алгоритм определения нижней границы множества всех оптимальных иерархий (σ^*) [Жилияков и др., 2011].

Шаг 1. Начальное приближения определяет иерархию $\sigma^0 = I^L(G)$, такую что $\sigma^* < \sigma^0 = I^L(G)$.

Шаг 2. В случае формирования иерархии σ^k , то переход производится оператором $A: \sigma^{k+1} = A(\sigma^k)$ такого что $\sigma^* \leq A(\sigma^k) \leq \sigma^k$, причем, если $\sigma^* < \sigma^k$, то $\sigma^{k+1} < \sigma^k$.

Шаг 3. В том случае если $\sigma^{k+1} = \sigma^k$, то задача решена.

Этот алгоритм формируется методом минимальных вариаций условно-оптимальных иерархий $\sigma^*(V_i)$ оптимизирующего функционал (1) при фиксированном слое V_i .

Причем σ^* будет меньше условно-оптимальной иерархии ($\sigma^* \leq \sigma^*(V_i)$), если $V_1 \in V_1^*$. Для слоя V_i иерархии $\sigma^*(V_i)$ множества $T(V_i)$ и $X \in T(V_i)$, что $\sigma^* \leq \sigma^*(V_i \cup X) \leq \sigma^*(V_i)$, определяется вариация X' тогда функционал будет возрастать:

$$H(\sigma(V_i \cup X)) > H(\sigma^*(V_i)).$$



Следовательно, можно определить оператор:

$$A(\sigma^*) = \begin{cases} \sigma^k, & \text{если } T(V_1^k) \text{ не содержит } X' \\ \sigma^*(V_1^k \cup X), & \text{где } X' \in T(V_1^k) \end{cases}$$

После формирования ориентированного графа без контуров необходимо поставить в соответствии функционирование организации в соответствии целям Π_{α} и элементов организации подцелям $\Pi_{\beta} \subset \Pi_{\alpha}$. Относительную загрузженность элемента организации ρ многоуровневой организационной системы по задачам и Π_{α} определяется выражением:

$$w^{\alpha}(\rho) = \sum_{\Pi_{\beta} \subset \Pi_{\alpha}} \sum_{i=1}^{\mu_{\alpha}} w_i^{\beta}(\rho).$$

Допустим n_{λ} количество задач, соответствующих λ -му уровню дерева целей, которые будут соответствовать разбиению V на многослойную иерархию $\sigma = (V_1, V_2, \dots, V_L)$.

Подмножества максимизирующие функционалы в соответствии с несвязными между собой дугами $e \in V$.

Несвязанные $V_{\alpha_1}, V_{\alpha_2}, \dots, V_{\alpha_{|\alpha|}}$, дугами $e \in V$ подмножества максимизирующие функционалы

$$H_{\alpha}(Q_{\alpha}) = \sum_{i=1}^{T_{\alpha}} \sum_{\rho \in F_{\alpha_i}} w^{\alpha_i}(\rho),$$

где $\lambda = 2, 3, \dots, L$ и $\alpha \in A, |\alpha| = \lambda - 1$ разбиения Q_{α} множеств \bar{V}_{α} .

Множества \bar{V}_{α} определяется как $\bar{V}_1 = V/V_1$ если V_{α} , где $|\alpha| > 1$, определено, то $\bar{V}_1 = V_{\alpha}/V$.

Эта задача определяется для графа $G(V, E)$ определением векторной функции $W(\rho) = (w^1(\rho), w^2(\rho), \dots, w^n(\rho))$ на разбиение $Q = (V_1, \dots, V_n)$ на несвязные между собой дуги $e \in V$ подмножества V_i, i, \dots, n максимизирующие функционал

$$H^w(Q) = \sum_{i=1}^n \sum_{\rho \in V^i} w^i(\rho).$$

Максимизация функционала осуществляется разбиением в V на компоненты связности графа V_1, V_2, \dots, V_m . Определим $w^j(V_j)$ для $j = 1, \dots, m$

$$w^j(V_j) = \sum_{\rho \in V_j} w^j(\rho),$$

последовательно для $i = 1, 2, \dots, n$ включаем в V_j те из компонентов, для которых

$$w^i(V_j) = \max_{k \geq i} w^k(V_j),$$

исключая их из дальнейшего рассмотрения. Поэтому, разбиение Q будет решением задачи.

Список литературы References

Громов Ю.Ю., Яковлев А.В., Иванова О.Г., Тихомирова А.А. 2013. Исследование структуры сложных информационных систем в условиях нечеткости на основе коэффициента эмерджентности. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. №7: 6-12.

Gromov Ju.Ju., Jakovlev A.V., Ivanova O.G., Tihomirova A.A. 2013. Issledovanie struktury slozhnyh informatsionnyh sistem v usloviyah nechetkosti na osnove koeffitsienta emerdzhentnosti [Investigation of the structure of complex information systems in fuzziness conditions based on the emergence rate] Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika [Devices and systems. Management, monitoring, diagnostics]. №7: 6-12. (in Russian)

Дупкин А.В., Щербаклова Ю.В. 2013. Модель процесса обработки запросов в автоматизированной информационной системе ФСИН России. Вестник Воронежского института ФСИН России. №2: 49-54.

Dushkin A.V., Shcherbakova Yu.V. 2013. Model protsesssa obrabotki zaprosov v avtomatizirovannoy informatsionnoy sisteme FSIN Rossii. Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii [Model processing requests in the automated information system of Russian Federal Penitentiary Service Bulletin of Voronezh Institute of Russian Federal Penitentiary Service]. №2: 49-54. (in Russian)

Жилияков Е.Г., Ломазов В.А., Ломазова В.И. 2011. Компьютерная кластеризация совокупности аддитивных математических моделей взаимосвязанных процессов. Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. Вып.1.: 115-119.

Zhiljakov E.G., Lomazov V.A., Lomazova V.I. 2011. Komp'yuternaja klasterizatsiya sovokupnosti additivnyh matematicheskikh modelej vzaimosvjazannyh protsessov [Computer clustering together of additive mathematical models related processes] Voprosy radio`elektroniki. Ser. `EVT [Electronics issues a series of electronic computing equipment]. Vyp.1.: 115-119 (in Russian)

Меньших В.В., Пастушкова Е.А. 2014. Методы оценки вариантов принятия решений в системах управления с функционально избыточным набором действий. Вестник Воронежского института МВД России. №3: 48–57.

Menshikh V.V., Pastushkova Ye.A. 2014. Metody otsenki variantov prinyatiya resheniy v sistemakh upravleniya s funktsionalno izbytochnym naborom deystviy [Methods for evaluation of decision-making options in control systems with functionally redundant set of actions] Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii [Bulletin of Voronezh Institute of Russian Ministry of Internal Affairs]. №3: 48–57. (in Russian)

Saati T.V. 1998. Аналитическое планирование: организация систем. Радио и связь: Изд-во Радио и связь, 224.

Saati T.V. 1998. Analiticheskoe planirovanie: organizacija system [Analytical planning: organization systems] T.V. Saati. Radio i svjaz': Izd-vo Radio i svjaz' [publishing Radio and communications], 224. (in Russian)

Сумин В.И., Цветков В.В. 2010. Об алгоритмах и моделях, данных в решениях задач принятия решения. Научные ведомости БелГУ. Сер. История Политология Экономика Информатика. 15(84): 120–128.

Sumin V.I., Cvetkov V.V. 2010. Ob algoritmah i modeljah, dannyh v reshenijah zadach prinjatija reshenija [On algorithms and models, data in the task of decision-making] Nauchnye vedomosti BelGU. Ser. Istorija Politologija Jekonomika Informatika [Scientific statements Belgorod State University. History Political Economy Informatics]. 15(84): 120–128. (in Russian)

Jerome Saltzer, and M. Kaashoek. 2009. RES.6-004 Principles of Computer System Design: An Introduction, Spring (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), 560.

Sumin V.I., Smolentceva T.E., Korneev A.M., Abdullah L.S. 2016. Modeling the objective function of a multistage organizational system. Metallurgical and mining industry. № 1: 14-16.