

МЕТОД РАЗБИЕНИЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ НА ИЕРАРХИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ

Сумин В.И.¹, Смоленцева Т.Е.², Васильченко Д.А.¹, Ярошенко М.В.¹

¹ ФКОУ ВПО Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Россия. (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская 1-а.), e-mail: viktorsumin51@yandex.ru

² ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, Россия. (398600, Россия, г. Липецк, ул. Московская, д.30).

В данной статье рассматривается иерархическая структура сложных систем. Сформирован алгоритм определения множества всех оптимальных иерархий. Определен максимум функционала в виде представления подмножеств на основе введенного алгоритма. Управляющие связи описываются при помощи графа, который описывает сложную систему в виде множества задач и объема выполняемых работ в каждом элементе системы. Также был определен относительный объем выполняемых работ для каждого элемента. Разбиение сложной системы осуществлялось с применением системного подхода, применимого к сложным иерархическим системам. В работе последовательно были определены все компоненты рассматриваемых сложных систем, которые являлись решением поставленной задачи, состоящей в рациональном разбиении систем на иерархическую структуру с определением всех подмножеств и вычислении максимума функционала.

Ключевые слова: сложные системы, иерархическая структура, максимизация функционала, загруженность элемента сложной системы

METHOD TO DECOMPOSE A COMPLEX SYSTEM INTO A HIERARCHICAL STRUCTURE

Sumin V.I.¹, Smolentceva T.E.², Vasilchenko D.A.¹, Yaroshenko M.V.¹

¹ FSE VPO Voronezh Institute of the Federal penitentiary service of Russia, Voronezh, Russia. (394072, Voronezh, street Irkutsk 1-A.), e-mail: viktorsumin51@yandex.ru

² FGBOU VPO "Lipetsk state technical University, Lipetsk, Russia. (398600, Russia, Lipetsk, St. Moscow, 30)

This article discusses the hierarchical structure of complex systems. Formed an algorithm for determining the set of all optimal hierarchies. Defines the maximum functionality in the form of representations of subsets on the basis of the introduced algorithm. Control connection described using a graph that describes a complex system as a set of tasks and volume of work performed in each element of the system. Was also determined the relative amount of work performed for each element. Breaking down complex systems was carried out using a systematic approach applicable to complex hierarchical systems. In succession were identified all of the components of complex systems, which was the solution to the problem, consisting in the rational partitioning of systems into a hierarchical structure with the determination of all subsets and computing the maximum functionality.

Keywords: complex systems, hierarchical structure, maximization of functional load element of a complex system.

Одним из главных этапов разработки эффективной системы управления организации является формирование структуры на основе анализа и синтеза систем.

Данный анализ и синтез рассматриваемых систем предполагает приведение в соответствие структуры организации ее целям, задачам и требованиям.

Анализ и синтез структур ОС производится по следующим этапам для определения:

- структур ОС;
- в формализованном виде описание функционирования элементов структуры ОС;
- целей каждого из элементов структуры ОС;
- корректирующих изменений в структуре ОС.

Конкретный вид структуры ОС должен соответствовать нормативным документам,

определяющим необходимость достижения главной цели этой организации. Но в связи с тем, что в наше время динамически изменяются требования к ОС в соответствии с нормативными документами, принимаемыми государственными структурами, необходимо постоянно изменять цели в структуре организационных систем.

Изменение целей в структуре ОС должны базироваться на основе следующих принципов:

1) принцип иерархичности структуры. Этот принцип позволяет проводить анализ структуры и выделять: задачи, подцели первого, второго и других уровней по подчиненности и т.д. ЛПР представляет функционирование ОС, как показывают результаты исследований, более четко в виде иерархической структуры

2) принцип альтернатив. При решении сложных задач, включающих несколько компонентов, ЛПР использует один из трех методов:

а) одновременное достижение цели;

б) метод очередности, когда цели достигаются последовательно во времени;

в) размещение целей, заключающееся в поочередном их достижении с изменением очередности в зависимости от складывающихся обстоятельств;

3) принцип иерархичности альтернативных способов действий.

Для упрощения выбора множеств альтернатив ЛПР может последовательно разделять на классы и подклассы задачи.

Цели, подцели и иное путем использования на каждом шаге процесса деления некоторых определяющих признаков. В результате образуется иерархическая структура альтернатив. Такой прием позволяет представить задачи, цели, подцели и иное, имеющие относительно малую размерность и поэтому более приспособленные для решения на электронной вычислительной машине;

4) принцип редукции при переходе от сложного к простому. Проявляется в рассмотрении только ограниченного числа альтернативных решений и исключении остальных;

5) принцип конкретизации. Заключается в использовании при решении задачи только информации, заданной в явном виде. Использование такого принципа оправдано в условиях острого дефицита времени, не позволяющего осуществить ассоциативный поиск в БЗ (база знаний) для ЛПР.

Определение структуры ОС производится, как правило, на основе анкетирования и экспертного анализа взаимодействия элементов в структуры.

Анкетирование должно производиться с выявлением следующей информации:

1) частота управленческих решений;

2) описание механизма принятия управленческих решений руководителем для подчиненных;

3) степень участия руководителя в принятии управленческих решений подчиненными.

Такой тип анкетирования позволит определять структуру рассматриваемых систем.

Такую структуру можно представить в виде множества, состоящего из элементов структуры и множества управляющих связей.

В случае, если граф из данных множеств не представим в иерархическом виде, его необходимо сопоставить с иерархическим представлением целей и привести к иерархическому виду.

Разбиение сложной системы (СС) на иерархическую структуру невозможно осуществить без применения системного подхода.

Предположим, что СС представлена в виде графа без контуров $G(V, E)$ (V – являются вершинами графа СС, E – являются дугами этого графа).

Управляющие связи в рассматриваемой сложной системе описываются следующими элементами $(\rho_1, \rho_2) \in E$, если элемент ρ_2 управляется ρ_1).

С помощью рассматриваемого графа G точно описать сложную систему S_α невозможно. Поэтому выбираем граф G , соответствующий рассматриваемой структуре СС S_α .

Представление СС в виде вершин $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ на основе попарно непересекающегося множества $V_k \subseteq V$ в дальнейшем будем называть сложной иерархической структурой (СИС) [1,3], если не существует дуг $(\rho_1, \rho_2) \in E$ таких, что $(\rho_1 \in V_k, \rho_2 \in V_j, k > j)$.

Представление СС в виде множества вершин $V = (v_1, v_2, \dots, v_n)$ в СИС реализуется на основе разных подходов в зависимости от цели, которую преследует данное представление в соответствии с целями $(Ц_\alpha)$ и задачами $\{3^{\alpha j}\}, j=1, \dots, \mu_\alpha$ рассматриваемыми в данной системе [4, 5].

Необходимо, чтобы было соответствие графа G , который описывает СС, относительно множества решаемых задач $\{3^{\alpha j}\}, j=1, \dots, \mu_\alpha$ и объема выполняемых работ (ОВР) в каждом элементе рассматриваемой сложной иерархической структуры.

Определим относительный ОВР (ООВР) $w^{\alpha j}(\rho)$ для каждого элемента $(\{3^{\alpha j}\}, j=1, \dots, \mu_\alpha)$ в виде

$$\sum_{\alpha \in A} \sum_{j=1}^{\mu_\alpha} w^{\alpha j}(\rho) = 1 \quad (1)$$

Поэтому распределение данных задач получим в следующем виде:

$$W(\rho) = W_1(\rho), W_2(\rho), \dots, W_L(\rho) \quad (2)$$

где

$$W_\lambda(\rho) = \sum_{\alpha \in A, |\alpha|=\lambda} \sum_{j=1}^{\mu_\alpha} w^{\alpha j}(\rho) \quad (3)$$

$W_\lambda(\rho)$ - ООВР для элемента ρ в соответствии целям λ -го.

Эта задача сводится к максимизации функционала СИС $\sigma = (V_1, V_2, \dots, V_L)$ для графа $G(V, E)$ с:

$$H_L(\sigma) = \sum_{\lambda=1}^L \sum_{\rho \in V_\lambda} W_\lambda(\rho) \quad (4)$$

Функционал будет максимальным при разбиении $\sigma^* = (V_1^*, V_2^*, \dots, V_L^*)$ в виде:

$$V_1^* = \left\{ \rho \in V : W_1(\rho) = \max_{\lambda} W_\lambda(\rho) \right\}, \quad (5)$$

$$V_{k+1}^* = \left\{ \rho \in \bar{V}_k^* : W_{k+1}(\rho) = \max_{\lambda > k} W_\lambda(\rho) \right\}, \text{ для } k = 1, 2, \dots, L-1 \quad (6)$$

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

Предположим, что для СИС вида σ существует $I_L(G)$ – множество всех представлений графа G в виде:

$$f_L(V) = \max_{\sigma \in I_L(G)} H_L(\sigma). \quad (7)$$

Что соответствует функциональному уравнению Беллмана [2]:

$$f_L(V) = \max_{X \subseteq V; \Theta(X)=X} \left\{ \sum_{\rho \in X} W_L(\rho) + f_{L-1}(V \setminus X) \right\}, \quad (8)$$

, где $\Theta(X)$ для любого подмножества $X \subseteq V$ существует множество вершин графа G .

Разберем варианты представления ориентированного графа на СИС, которые можно представить в виде иерархической структуры σ , с помощью нее возможно определить максимум функционала (4).

Предположим, что в графе G существует множество $I_L(G)$, где L – уровни иерархий, со следующим отношением $\sigma_1 \leq \sigma_2$, в том случае, если выполняется следующее условие:

$$\bar{V}_k^1 \subseteq \bar{V}_k^2, \text{ где } \bar{V}_k^i = V \setminus V_1^i \setminus \dots \setminus V_k^i. \quad (9)$$

, где: $k= 1,2, \dots, L-1$

Для этого случая для любого подмножества множества $I_L(G)$ возможно определить точные нижнюю (σ') и верхнюю границу (σ''), которые будут определяться выражениями:

$$\overline{V_k'} = \bigcap_{\sigma \subset I} \overline{V_k}, \quad \overline{V_k''} = \bigcup_{\sigma \subset I} V_k. \quad (10)$$

Следовательно, справедливо выражение:

$$H(\sigma') + H(\sigma'') = H(\min \{\sigma', \sigma''\}) + H(\max \{\sigma', \sigma''\}). \quad (11)$$

где: для любых $\sigma', \sigma'' \in I_L(G)$.

Преобразуем 11 в вид:

$$H(\min \{\sigma', \sigma''\}) + H(\max \{\sigma', \sigma''\}) = H(\sigma') = H(\sigma''). \quad (12)$$

Следовательно, что подмножества $I^L_0(G)$ будут оптимальными иерархиями и множество $I^L_0(G)$ представимы в виде решетки.

Следовательно, возможно построить алгоритм определения (σ') для множества всех оптимальных иерархий (σ^*).

1. Первым приближением определим иерархию $\sigma^0 = I^L(G)$

$$\sigma^* < \sigma^0 = I^L(G). \quad (13)$$

2. Если сформирована иерархия σ^k , тогда на основе оператора $A: \sigma^{k+1} = A(\sigma^k)$ с учетом σ^{k+1}

$$\sigma^* \leq A(\sigma^k) \leq \sigma^k, \quad (14)$$

причем, если $\sigma^* < \sigma^k$, то $\sigma^{k+1} < \sigma^k$

3. Если $\sigma^{k+1} = \sigma^k$, тогда конец разбиению иначе переход к пункту 2.

Следовательно, функционал будет возрастать:

$$H(\sigma(V_1 \cup X)) > H(\sigma^*(V_1)). \quad (15)$$

Поэтому справедливо выражение:

$$A(\sigma^*) = \begin{cases} \sigma^k, & \text{если } T(V_1^k) \text{ не содержит } X' \\ \sigma^*(V_1^k \cup X), & \text{где } X' \in T(V_1^k) \end{cases}. \quad (16)$$

После того как ориентированный граф без контуров определен в СИС, необходимо сопоставить его с целями C_α .

Функционирование элементов в СС определяется подцелями $C_\beta \subseteq C_\alpha$ [2].

Относительная загрузка всех элементов СС ρ определяется выражением:

$$w^\alpha(\rho) = \sum_{\Pi_\beta \subseteq \Pi_\alpha} \sum_{i=1}^{\mu_\beta} w_i^\beta(\rho). \quad (17)$$

Предположим, что n_λ — это количество задач, решаемых СС, на λ -м уровне дерева целей. Граф $G(V, E)$ приведем в соответствие с задачами СС в соответствии с разбиением V на СИС $\sigma=(V_1, V_2, \dots, V_L)$.

Максимум функционала можно найти по не связанным между собой дугам $e \in V$ для несвязанных $V_{\alpha 1}, V_{\alpha 2}, \dots, V_{\alpha \lambda}$, на основе следующего выражения:

$$H_\alpha(Q_\alpha) = \sum_{i=1}^{T_\alpha} \sum_{\rho \in V_{\alpha j}} w^{\alpha j}(\rho), \quad (18)$$

где $\lambda = 2, 3, \dots, L$ и $\alpha \in A$, $|\alpha| = \lambda - 1$ разбиения Q_α множеств $\overline{V_\alpha}$.

$\overline{V_\alpha}$ определяется как:

$\overline{V_1} = V / V_1$; если V_α , где $|\alpha| > 1$, определено, то $\overline{V_1} = V_\alpha / V$.

Эта задача определяется для графа $G(V, E)$ определением векторной функции $W(\rho) = (w^1(\rho), w^2(\rho), \dots, w^n(\rho))$ на представлении $Q = (V^1, \dots, V^n)$ в виде не связанных между собой дуг $e \in V$ подмножества $V_i, i = 1, \dots, n$, которая позволит максимизировать функционал [6].

$$H^w(Q) = \sum_{i=1}^n \sum_{\rho \in V^i} w^i(\rho). \quad (19)$$

Максимум функционала определяется в виде представления V подмножествами V_1, V_2, \dots, V_m . Значение $w^i(V_j)$ для $j = \overline{1, m}$ определяется выражением:

$$w^i(V_j) = \sum_{\rho \in V_j} w^i(\rho), \quad (20)$$

Последовательно для $i = 1, 2, \dots, n$ выбираем для V_j компоненты на основе выражения:

$$w^i(V_j) = \max_{k \geq i} w^k(V_j) \quad (21)$$

Поэтому представление Q будет являться решением задачи.

Список литературы

1. Гвишиани Д.М. Организация управления. — М.: Наука, 1972. — 276 с.

2. Жилияков Е.Г., Ломазов В.А., Ломазова В.И. Компьютерная кластеризация совокупности аддитивных математических моделей взаимосвязанных процессов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ЭВТ. — 2011. — Вып. 1. — С. 115–119
3. Луковников И., Коротаев К., Кобец А. Проблемы управления распределяемыми ресурсами ОС // Информационные технологии. — М., 2006. — № 10. С. 71–78.
4. Саати, Т.В. Аналитическое планирование: организация систем/ Т.В. Саати-Радио и связь: Изд-во Радио и связь, 1998. — 224 с.
5. Сумин В.И., Скрыль С.В., Прийма В.Н. Операционально-ситуационное моделирование для иерархической жестко централизованной структуры специализированного назначения/В.И. Сумин, В.Н. Прийма, С.В. Скрыль // Научные ведомости Белгород. гос. ун-та. Сер. История Политология Экономика Информатика. – 2010. – № 7 (78). – Вып. 14/1. – С. 120–128.
6. Сумин В. И., Об алгоритмах и моделях, данных в решениях задач принятия решения / В.В. Цветков // Научные ведомости Белгород. гос. ун-та. Сер. История Политология Экономика Информатика. – 2010. – № 13 (84). – Вып. 15/1. – С. 120–128.

Рецензенты:

Десятов Д.Б. д.т.н., профессор, профессор кафедры технических комплексов охраны и связи Воронежского института ФСИН России, г. Воронеж;

Душкин А.В. д.т.н., начальник кафедры управления и информационно-технического обеспечения Воронежского института ФСИН России, г. Воронеж.