

УДК 681.322

Ю.В. Паржин¹, Н.Ю. Любченко²¹Национальный технический университет "ХПИ", Харьков²Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕДУРЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Рассматриваются вопросы математического моделирования процессов функционирования сложных организационных иерархических систем с целью формализации процедуры принятия управленческих решений для определения условий формирования структуры стратифицированных семантических сетей и списков поддержки истинности принимаемых решений в рамках разработки информационных технологий построения формально-логических средств представления и обработки знаний и данных о проблемной области.

сложная организационная иерархическая система, цели и задачи оперативного управления, органы управления

Введение

В исследованиях [1, 2] уделяется большое внимание рассмотрению процессов управления организациями, имеющими иерархическую структуру. К таким организациям, прежде всего, относятся государственные, технические и коммерческие системы управления, силовые ведомства, промышленные и финансовые корпорации, энергетические компании и другие организационные формирования. Особое внимание уделяется организационным системам критического применения, где цена принимаемого решения особо высока. К данным системам относятся системы управления энергетическими комплексами, системы предупреждения и ликвидации последствий аварий и катастроф природного и техногенного характера, системы управления движением транспорта и др.

В результате проведенного анализа было установлено, что процесс выработки управленческих решений в различных организационных системах имеет свои особенности, которые должны учитываться при построении математического обеспечения этапов подготовки и принятия решений органами управления соответствующих систем [3, 4]. В связи с этим возникает задача определения данных особенностей. Одним из наиболее эффективных путей ее решения является моделирование процессов функционирования конкретного класса сложных организационных иерархических систем (СОИС) [5]. Организационная система при этом рассматривается как некоторый математический объект, а ее исследование осуществляется на основе изучения свойств этого объекта. Поэтому актуальной является разработка в рамках системного подхода математических моделей функционирования СОИС определенных классов.

Целью данной статьи является рассмотрение вопросов моделирования процессов функционирования подсистем организационной структуры СОИС при решении задач оперативного управления.

Основной раздел

Рассмотрим m -уровневую иерархическую систему управления с заданной структурой, которая с точки зрения теории графов может быть представлена деревом G_X с корнем:

$$G_X = (X, R), \quad (1)$$

где $\bar{X} = (X^0, \bar{X}^1, \dots, \bar{X}^{m-1})$ – кортеж, состоящий из множества органов управления (ОУ) различных рангов; X^0 – главный (центральный) ОУ; $\bar{X}^i = (\bar{X}_1^i, \bar{X}_2^i, \dots, \bar{X}_{l_i}^i)$, $0 \leq i \leq m-1$ – множество ОУ

i -го ранга; $R = \{r_{jv}^i\}$; $0 \leq i \leq m-2$; $1 \leq j \leq l_i$; $1 \leq v \leq l_{i+1}$ – множество дуг графа, представляющих собой связи подчиненности между ОУ; i указывает ранг ОУ j , из которого выходит связь; v – номер вершины $(i+1)$ -го ранга, в которую входит связь.

Поскольку при проведении операций в СОИС иерархия целей и задач всегда совпадает с административной иерархией, поставим в соответствие графу G_X изоморфный ему граф $G_C(\bar{C}, H)$ с множеством вершин \bar{C} , представляющим собой цели управления, стоящие перед соответствующими ОУ в графе G_X , и $H = \{h_{jv}^i\}$ – множество дуг графа G_C .

В процессе достижения главной цели системы C_0 при воздействии внешних возмущений, имеющих в основном ситуационный, нестохастический характер,

перед ОУ $(m-1)$ -го ранга $\{X^{v_{m-1}}\}$, $1 \leq v_{m-1} \leq \ell_{m-1}$, возникает множество целей и задач по ликвидации отклонений, приводящих к невыполнению соответствующих целей $\{C^{v_{m-1}}\}$. Множество целей и задач, стоящих перед ОУ $\{X^{v_{m-1}}\}$, можно представить в виде множества графов $G_{C_0}^{m-1} = \{G_{C_0}^{v_{m-1}}\}$ целей и задач оперативного управления:

$$G_{C_0}^{v_{m-1}} = \left(\bar{G}_0^{v_{m-1}}, h \right), \quad (2)$$

где $\bar{G}_0^{v_{m-1}} = \left(\bar{G}_0^{v_{m-1},0}, \bar{G}_0^{v_{m-1},1}, \dots, \bar{G}_0^{v_{m-1},n-1} \right)$ – кортеж, состоящий из множества целей оперативного управления различных рангов; $\bar{G}_0^{v_{m-1},0}$ – главная цель оперативного управления v -го ОУ $(m-1)$ -го ранга;

$$\bar{G}_0^{v_{m-1},f} = \left(\bar{G}_0^{v_{m-1},1,f}, \bar{G}_0^{v_{m-1},2,f}, \dots, \bar{G}_0^{v_{m-1},l_f,f} \right);$$

$0 \leq f \leq n-1$; f – идентификатор ранга в графе $G_{C_0}^{v_{m-1}}$; l_f – число целей f -го ранга; $h = \{h_{jg}\}$; $0 \leq f \leq n-2$; $1 \leq j \leq l_f$; $1 \leq g \leq l_{f+1}$ – множество дуг графа, представляющих собой отношения условий достижения целей верхнего уровня.

Таки образом может быть построен граф координирующих целей и задач

$$G_{C_K} = (\bar{C}_K, S_K), \quad (3)$$

где $\bar{C}_K = (\bar{C}_{K1}, \bar{C}_{K2}, \dots, \bar{C}_{K\ell_0}^{m-2})$ – кортеж, состоящий из множества координирующих целей ОУ различных рангов;

$\bar{C}_K^0 = (\bar{C}_{K1}^0, \bar{C}_{K2}^0, \dots, \bar{C}_{K\ell_0}^0)$ – множество координирующих целей ОУ X_0 в графе G_X ;

$$\bar{C}_K^{ij} = (\bar{C}_{K1}^{ij}, \bar{C}_{K2}^{ij}, \dots, \bar{C}_{K\ell_t}^{ij}), \quad 1 \leq j \leq l_i; \quad 0 \leq i \leq m-2;$$

$1 \leq t \leq l_t$ – множество l_t координирующих целей управления X_j^i .

$$S_K = S_K^T \cup S_K^{TA}, \quad S_K^T \cap S_K^{TA} = 0, \quad (4)$$

где $S_K^T = \{S_{k\omega\tau\gamma}^{Tij}\}$, $1 \leq t, \omega \leq l_t$; $0 \leq i, \tau \leq m-2$; $1 \leq j \leq l_i$; $1 \leq \gamma \leq l_t$; $1 \leq v \leq l_{m-1}$ – множество неориентированных отношений между t -й и ω -й координирующими целями соответственно j -го ОУ τ -го ранга при решении задач оперативного управления v -м ОУ $(m-1)$ -го ранга;

$$S_K^{TA} = \{S_{k\omega\tau\gamma}^{TAij}\} \text{ – множество ориентированных}$$

(транзитивно-антисимметричных) отношений между соответствующими координирующими целями.

Внешняя среда, воздействуя на объект управления и изменяя количество ресурсов, выделенных для достижения целей оперативного управления

$\bar{C}_0^{v_{m-1}}$ v -му ОУ $(m-1)$ -го ранга, требует от ОУ X_j^i , транзитивно связанного с v отношениями $R = \left\{ \begin{matrix} i \\ jv \end{matrix} \right\}$,

решения задач \bar{C}_n по перераспределению ресурсов между ОУ с индексами v и α ($1 \leq v, \alpha \leq \ell_{m-1}, v \neq \alpha$) $(m-1)$ -го ранга. Построим граф целей и задач оперативного перераспределения ресурсов

$$G_{C_n} = (\bar{C}_n, S_n), \quad (5)$$

где $\bar{C}_n = (\bar{C}_n^0, \bar{C}_n^1, \dots, \bar{C}_n^{m-2})$ – кортеж, состоящий из множества целей по перераспределению ресурсов;

$\bar{C}_n^0 = (\bar{C}_{n1}^0, \bar{C}_{n2}^0, \dots, \bar{C}_{n\ell_t}^0)$, $1 \leq t \leq l_t$ – множество целей по перераспределению ресурсов, стоящих перед ОУ X^0 .

Соответственно для ОУ X_j^i

$$\bar{C}_n^{ij} = (\bar{C}_{n1}^{ij}, \bar{C}_{n2}^{ij}, \dots, \bar{C}_{n\ell_t}^{ij}); \quad S_n = S_n^T \cup S_n^{TA}, \quad (6)$$

где $S_n^T \cap S_n^{TA} = 0$, $S_n^T = \left\{ S_{n\omega\tau\gamma}^{Tij} \right\}$; $1 \leq t, \omega \leq l_t$;

$0 \leq i, \tau \leq m-2$; $1 \leq j \leq l_i$; $1 \leq \gamma \leq l_t$; $1 \leq v \leq l_{m-1}$ – неориентированные отношения между t -й и ω -й целями по перераспределению ресурсов соответственно j -го ОУ i -го ранга и γ -го ОУ τ -го ранга для обеспечения решения задач оперативного управления ОУ v_{m-1} ;

$$S_n^T = \left\{ S_{n\omega\tau\gamma}^{Tij} \right\} \text{ – множество транзитивно-}$$

антисимметричных отношений между соответствующими целями по перераспределению ресурсов.

Определение 1. Однотипными назовем ОУ с индексами v и α ($1 \leq v, \alpha \leq \ell_{m-1}$) $(m-1)$ -го ранга,

которые имеют изоморфные графы $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ и

$G_{C_0}^{\alpha_{m-1}}$ целей и задач оперативного управления.

На множестве ОУ $\bar{X}^{m-1} = \{X^{v_{m-1}}\}$, $1 \leq v \leq \ell_{m-1}$, можно задать разбиение $\{U_1, U_2, \dots, U_{\ell_y}\}$ множества \bar{X}^{m-1} по типам ($y = \overline{1, \ell_y}$ – множество типов ОУ $(m-1)$ -го ранга).

Таким образом, для задания множества целей и задач оперативного управления на структуре G_X достаточно определить:

– графы целей и задач оперативного управления каждого из типов ОУ $(m-1)$ -го ранга;

– множество ребер $h = \left\{ h_{j\Theta}^{f_{v_{m-1}} Z^{\alpha_{m-1}}} \right\}$, определяющих зависимость выполнения целей оперативного управления органов $X^{\alpha_{m-1}}$ и $X^{v_{m-1}}$, которые не являются однотипными;

– множество ребер $d = \{d_{fj}^{v, m-1, \alpha_{m-1}}\}$, устанавливающих возможные отношения по перераспределению ресурсов, находящихся в распоряжении ОУ α_{m-1} , органу управления v_{m-1} для достижения им цели оперативного управления j ранга f в графе $G_{C_0}^{v, m-1}$;

– отображения $F_n : d \rightarrow \bar{C}_n, F_K : d \rightarrow \bar{C}_K$.

Будем считать, что структура W целей и задач оперативного управления задана на графе G_X организационной структуры, если определена шестерка

$$M = \langle G_X, G_{C_0}^{m-1}, G_{CK}, G_{Cn}, F_n, F_K \rangle. \quad (7)$$

Она представляет собой объединение подструктур W_v , задаваемых на графе G_X при решении задач оперативного управления каждым из ОУ $(m-1)$ -го ранга, т.е. $W = \bigcup_{v=1}^{m-1} W_v$.

Для моделирования процессов функционирования СОИС при решении задач оперативного управления осуществим декомпозицию каждого графа из множества $G_{C_0}^{m-1}$ на множество подграфов, введя семейство вложенных разбиений

$$K = \langle K^1, \dots, K^{n-2} \rangle \quad (8)$$

на графах $\{G_{C_0}^{v, m-1}\}$:

$$K^f = \langle K_1^f, \dots, K_{\ell_f}^f \rangle, \quad (9)$$

причем $\bigcup_{j=1}^{\ell_f} K_j^f = G_{C_0}^{v, m-1}$; $K_j^f \cap K_p^f = 0$; $j \neq p$;

$1 \leq f \leq n-2$; $1 \leq \ell_f \leq \ell_f$.

Вложенность означает, что любой подграф разбиения f -го уровня, т.е. элемент множества K_j^f , является объединением нескольких подграфов $K_1^{f+1}, \dots, K_{\ell_{f+1}}^{f+1}$ уровня $f+1$. Разбиение осуществляется следующим образом. В графе $G_{C_0, f}^{v, m-1}$ ($G_{C_0, f}^{v, m-1, j}$ – корень $G_{C_0, f}^{v, m-1}$) выделяют подграфы с вершинами

$\{G_{C_0, f+1}^{v, m-1}\}$, которые непосредственно связаны со

отношениями h_{jg}^f с $G_{C_0, f}^{v, m-1}$. При этом должно выполняться условие, что не существует вершин, принадлежащих различным подграфам, которые были бы связаны отношением h .

Таким образом, разбиение $K = \langle K^1, \dots, K^{n-2} \rangle$ определяет множество независимых в смысле отно-

шений $\{h_{jg}^f\}$ подграфов на графе $G_{C_0}^{v, m-1}$. Представим их в виде

$$G_{C_0}^{v, m-1} = \bigcup_{\beta=1}^U G_{C_0, \beta^v}^{v, m-1}. \quad (10)$$

Определение 2. Структурой перераспределения ресурсов S_{pr} называется ориентированный граф

$$S_{pr_v} = \left(G_{C_0}^{v, m-1} = \left\{ G_{C_0K}^{v, m-1} \right\} \cup \left\{ G_{C_0B}^{v, m-1} \right\} \cup \left\{ G_{C_0H}^{v, m-1} \right\} \cup R^S \right). \quad (11)$$

Вершинами в S_{pr} являются подграфы целей оперативного управления обеспеченных $\{G_{C_0B}^{v, m-1}\}$, необеспеченных $\{G_{C_0H}^{v, m-1}\}$, ресурсами и которые не поставлены перед v -м ОУ $(m-1)$ -го ранга $\{G_{C_0K}^{v, m-1}\}$.

Таким образом, на множестве подграфов $\{G_{C_0}^{v, m-1}\}$ можно определить множество структур S_{pr} , задавая различные R^S .

В процессе функционирования ОУ решает также комплекс задач по перераспределению ресурсов. В этой связи введем понятие подструктуры.

Определение 3. Множеством подструктур $\{S_{pr_v}^P\}$ структуры S_{pr_v} , заданной на $G_{C_0}^{v, m-1}$, называется такая их совокупность, что для каждой выполняется следующее:

$$\forall \rho \exists \varepsilon \left(\left\{ G_{C_0B}^{v, m-1} \right\}_\rho^P \subset \left\{ G_{C_0B}^{v, m-1} \right\}_\varepsilon \right), \quad (12)$$

где $\{G_{C_0B}^{v, m-1}\}_\rho^P, \{G_{C_0B}^{v, m-1}\}_\varepsilon$ – множества, образованные соответственно $S_{pr_{v\rho}}^P \in \{S_{pr_v}^P\}$ и $S_{pr_{v\varepsilon}} \in \{S_{pr_v}\}$.

Из определения следует, что если для решения задач из множества $G_{C_0}^{v, m-1}$ v -му ОУ выделены ресурсы в результате решения задач перераспределения ресурсов в графе $G_{C\Pi} = (\bar{C}\Pi, S\Pi)$, то множество структур, определенное на $G_{C_0}^{v, m-1}$ до выделения дополнительных ресурсов, будет являться множеством подструктур структур, определенных на $G_{C_0}^{v, m-1}$ уже с учетом выделенных ресурсов. Исходя из этого, можно сформулировать следующее свойство формализации процедуры принятия решений в СОИС.

Свойство 1. (отрицание монотонности). Пусть на $G_{C_0}^{v, m-1}$ определено множество $\{S_{pr_v}\}$ и v -му ОУ выделено множество дополнительных ресурсов. Тогда объединение структуры $S_{pr_{v\rho}} \in \{S_{pr_v}\}$ и любой из структур, множество RS которых формируется из дополнительных ресурсов на элементах множества

$\left\{ \overline{G_{C_0 B}^{v_{m-1}^{**}}} \right\}_\rho$, будет являться подструктурой по крайней мере одной из множества структур, заданных на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ с учетом всех ресурсов, включая дополнительные, которыми располагает v -й ОУ $(m-1)$ -го ранга.

Выводы

Приведенное свойство определяет немонотонность "расширения" структур над множеством подграфов целей оперативного управления, стоящих перед органом управления v_{m-1} в зависимости от выделения ему дополнительных ресурсов. Данное свойство позволяет определить условия формирования структуры стратифицированных семантических сетей и списков поддержки истинности принимаемых управленческих решений в рамках разработки информационных технологий построения формально-логических средств представления и обработки знаний и данных о проблемной области.

Список литературы

1. Мельцер М.И. Диалоговое управление производством (модели и алгоритмы). – М.: Финансы и статистика, 1983. – 240 с.
2. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект. Стратегии и методы решения сложных проблем. – М., С.-Пб., К., 2003. – 863 с.
3. Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. – К.: Наук. думка, 2002. – 490 с.
4. Сироджа И.Б., Верещак И.А. Модели и методы инженерии квантов знаний для принятия решений в системах искусственного интеллекта // Системы обработки информации. – Х. : ХУПС, 2006. – Вып. 8 (57). – С. 63-82.
5. Плискин Л.Г. Оптимизация непрерывного производства. – М.: Энергия, 1975. – 336 с.

Поступила в редколлегию 6.09.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский Национальный технический университет сельского хозяйства, Харьков.