

УДК 681.322

Д.А. ГОРЛОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Украина*

## ПОСТРОЕНИЕ ПРОТОКОЛОВ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ЗАДАЧАМИ В СЛОЖНЫХ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В статье рассматриваются проблемы формализации представления процессов управления сложными социотехническими системами. Приведен способ построения протоколов и алгоритмов управления отдельными задачами. Предложен принцип объединения частных алгоритмов управления подзадачами в общий алгоритм управления задачами.

**организационные структуры управления, процесс управления, формализация, алгоритм управления, логические предикаты, имитационное моделирование**

### Введение

При формировании сложных социотехнических систем (ССТС), таких как крупные автоматизированные, энергетические, технологические, информационные и т.д. системы, возникают задачи, связанные с анализом структуры управления, рациональной организацией взаимодействия исполнителей. Рациональное управление определяет успех деятельности любой организации. Необходимость постановки вопроса о совершенствовании управления связана с множеством факторов, например:

- изменения, происходящие во внешней среде;
- изменение условий на рынках и появление сильной конкуренции;
- зависимость успехов организации от участия ее персонала в управлении (делегирование полномочий);
- эффективное использование современных информационных технологий, что дает новые возможности для предприятий повышать конкурентоспособность за счет совершенствования механизмов и структур организационного управления.

В настоящее время успех организаций в конкурентной борьбе определяется не столько успехом у потребителей выпускаемой продукции, сколько эф-

фективностью систем управления, которые способны обеспечить приспособляемость организаций к новым условиям и удовлетворить растущие требования и запросы потребителей, обеспечивая на этой основе свое развитие.

Таким образом, возникает задача анализа эффективности функционирования управляющих структур в сложных социотехнических системах.

### 1. Анализ эффективности процессов и структур организационного управления

Эффективность управления традиционно оценивается по степени достижения организацией поставленных перед ней целей: по конечным результатам производственной деятельности [1] (по уровню прибыли), по качеству планирования (улучшение показателей бюджетирования), по эффективности вложений (отдача на капитал), по увеличению скорости оборачиваемости капитала и т.п. Но все эти способы не дают реальной оценки эффективности функционирования управляющих структур. Они дают оценку результата, а не оценку пути достижения этого результата. С их помощью затруднительно указать способы повышения эффективности управления.

Оценить эффективность процесса управления можно путем сравнительного анализа управления выполнением одинаковых работ организационными структурами при тождественных внешних условиях. Это условие практически невыполнимо.

В настоящее время для анализа функционирования организаций все большее применение находит подход, основанный на имитационном моделировании функционирования ССТС[2]. Проведение имитационного моделирования предполагает осуществление четырех основных этапов: 1) построение модели, 2) проведение моделирующих экспериментов, 3) анализ полученных показателей эффективности, 4) определение направлений совершенствования организационной структуры. Многократное моделирование функционирования организационной структуры управления по альтернативным сценариям дает исходную информацию для принятия решений о ее изменении.

Предлагаемая модель отображает текущую деятельность ССТС с высокой степенью детализации. В процессе моделирования рассчитываются статистические характеристики элементов модели, оценка эффективности процесса может быть получена на основе анализа этих характеристик.

Анализ статистических характеристик управляющих узлов модели ССТС, таких как:

- $T$  - общее время работы узла;
- $T_y$  - время, в течение которого узел выполнял управленческие функции;
- $N$  - общее количество задач, в решении которых принимал участие узел;
- $N_y$  - количество задач, в управлении которыми принимал участие узел;
- $M_y$  - количество полученных сверху управляющих воздействий;

позволяет оценить такие показатели, как:

- $D_y = \frac{T_y}{T}$  - доля функций управления;

- $I = \frac{M_y}{N}$  - самостоятельность узла;

- $MD = \frac{T_y}{N_y}$  - уровень сложности управления;

- $MT = \frac{N_y}{N}$  - напряженность управления.

Приведенный список характеристик и показателей, которые могут быть измерены и оценены в результате имитации реального функционирования ССТС, может быть дополнен.

Для построения имитационной модели необходимо решить следующие задачи:

- формализация представления организационной структуры ССТС;
- формализация представления задач, решаемых ССТС для достижения целей своего функционирования;
- формализация представления процессов управления в ССТС.

В работе [3] приведена модель формализованного представления управляющих структур и задач в ССТС.

Функциональные задачи, которые система должна решать для достижения поставленных перед ней целей образуют множество  $Z_\Phi = \{z_{\Phi_k}\}$ .

Уровень декомпозиции задач системы определяется с помощью понятия элементарной задачи  $z_\Theta$ , под которой в данной работе будем понимать такую функциональную задачу, которая может быть решена узлом системы без взаимодействия с подчиненными ему узлами.

Неэлементарная задача  $z_{\Phi_j}$  может быть представлена в виде набора функциональных задач более низкого уровня:

$$z_{\Phi_j} = z_{y_j} \cup z_{\Phi_m} \cup z_{\Phi_{m+1}} \dots \cup z_{\Phi_{m+s}} \quad (1)$$

Таким образом, для построения протокола управления решением задачи  $z_{\Phi_j}$  на основании подходов, предложенных в [4, 5], нужно построить протоколы управлением задачами  $z_{\Phi_j}, z_{\Phi_{m+1}} \dots z_{\Phi_{m+s}}$  и объединить их в общий протокол, решая задачу  $z_{y_j}$ .

Целью статьи является представление подходов и методов синтеза формализованных протоколов и алгоритмов управления в сложных социотехнических системах.

## 2. Формализация общих протоколов управления в ССТС

Рассмотрим построение протоколов управления решением отдельных функциональных задач.

В [4] предложена система классификации ролей, которые узлы управляющей структуры могут играть по отношению к функциональным задачам:

1. Инициатор (И,  $NRI_{a_i}^{z_k}$ )
2. Узел, принимающий решение о выполнении задачи (ЛПР,  $NRD_{a_i}^{z_k}$ )
3. Управляющий решением (УР,  $NRM_{a_i}^{z_k}$ )
4. Координатор (К,  $NRC_{a_i}^{z_k}$ )
5. Непосредственный исполнитель (НИ,  $NRE_{a_i}^{z_k}$ )

Эта иерархия ролей показана на рис. 1.

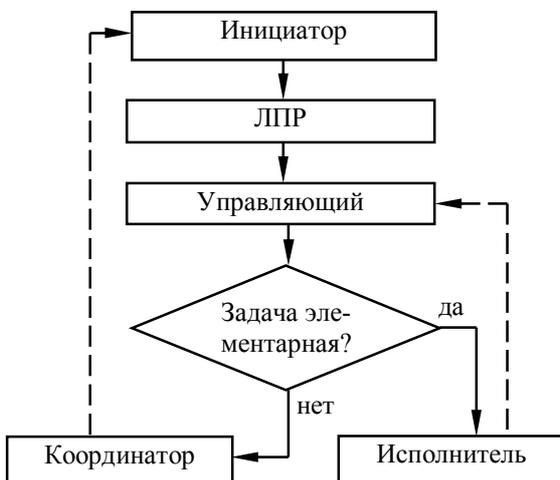


Рис.1. Иерархия ролей в ССТС

В [5] приведен базис операций управления в ССТС, специфицированный по ролям узлов управления, сформированы типовые протоколы управления.

В табл. 1 приведена классификация предложенных операций управления.

Таблица 1

Классификация операций управления в ССТС

№ п/п	Операция	РСА
1	Информационные обмены (ИО)	<i>IE</i>
2	Подготовки к исполнению (ПИ)	<i>EP</i>
3	Подготовки управляющих воздействий (ПУВ)	<i>CIP</i>
4	Активные управления (исполнения) (АО)	<i>AC</i>
5	Пассивные управления (исполнения) (ПО)	<i>PC</i>
6	Обработки результатов (ОР)	<i>RP</i>
7	Формирования ответов (ФО)	<i>RP</i>

Полные протоколы управления решением задач показаны на рис 2 и 3.

Анализ полных протоколов управления позволяет построить ролевые алгоритмы функционирования управляющих узлов при решении одной задачи:

1. Алгоритм функционирования Инициатора
 
$$al_{RC_1} = al_{NRI} = EP_{NRI} \cdot EXE_{NRI} = EP_{NRI} \cdot CIP_{NRI} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRI} \cdot IE \cdot RP_{NRI} \quad (2)$$

2. Алгоритм функционирования ЛПП

$$al_{RC_2} = al_{NRD} = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EXE_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE = IE \cdot EP_{NRD} \cdot CIP_{NRD} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRD} \cdot IE \cdot RP_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE \quad (3)$$

3. Алгоритм функционирования Управляющего решением

$$al_{RC_3} = al_{NRM} = IE \cdot EP_{NRM} \cdot EXE_{NRM} \cdot AF_{NRM} \cdot IE = IE \cdot EP_{NRM} \cdot CIP_{NRM} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRM} \cdot IE \cdot RP_{NRM} \cdot AF_{NRM} \cdot IE \quad (4)$$

4. Алгоритм функционирования Координатора

$$al_{RC_4} = al_{NRC} = IE \cdot EP_{NRC} \cdot EXE_{NRC} \cdot AF_{NRC} \cdot IE \quad (5)$$

5. Алгоритм функционирования Непосредственного исполнителя

$$al_{RC_5} = al_{NRE} = IE \cdot EP_{NRE} \cdot EXE_{NRE} \cdot AF_{NRE} \cdot IE \quad (6)$$

, где

$$EXE_{NRI} = CIP_{NRI} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRI} \cdot IE \cdot RP_{NRI} \\ EXE_{NRD} = CIP_{NRD} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRD} \cdot IE \cdot RP_{NRD} \\ EXE_{NRM} = CIP_{NRM} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRM} \cdot IE \cdot RP_{NRM} \quad (7)$$

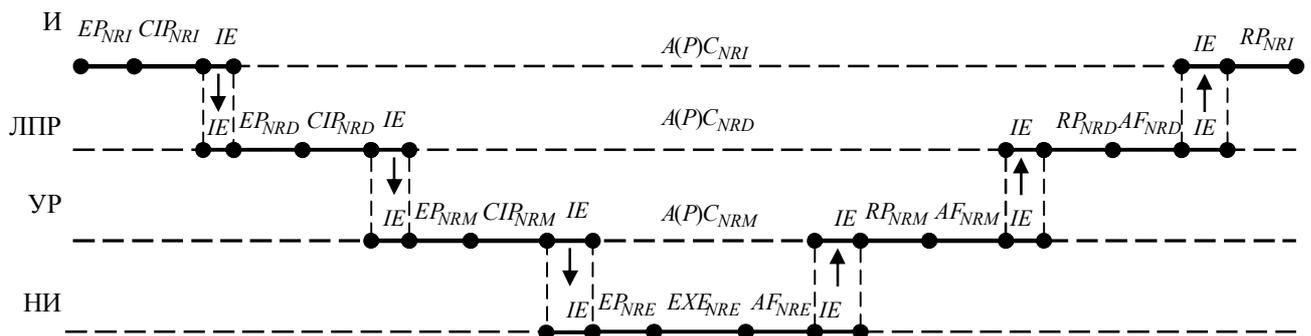


Рис.2. Полный протокол управления решением задачи  $z_\phi \in Z_3$

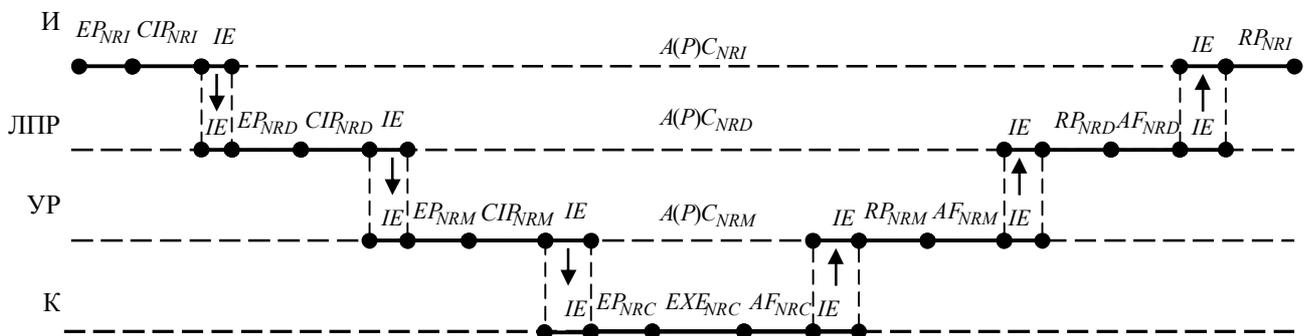


Рис. 3. Полный протокол управления решением задачи  $z_\phi \notin Z_3$

Предложенные алгоритмы функционирования могут быть разбиты на 2 класса:

$$KL_1 = \{al_{NRI}, al_{NRD}, al_{NRM}\} \quad (8)$$

$$al_{KL_1} = X \cdot EP \cdot CIP \cdot IE \cdot A(P)C \cdot IE \cdot RP \cdot Y$$

$$KL_2 = \{al_{NRC}, al_{NRE}\} \quad (9)$$

$$al_{KL_2} = IE \cdot EP \cdot EXE \cdot AF \cdot IE$$

, где  $X, Y$  – некоторые последовательности операций;

Здесь  $KL_1$  представляет собой класс алгоритмов управления на верхнем уровне иерархии ролей, а  $KL_2$  – класс алгоритмов управления на нижнем уровне и алгоритмов функционирования. Если при решении некоторой задачи узел совмещает в себе роли, смежные в иерархии ролей, будет иметь место свертка протоколов взаимодействия этих ролей. Такая свертка должна отражать изменение характера работы, выполняемого управляющим узлом.

Приведем пример алгоритма, получаемого при совмещении узлом ролей инициатора и ЛПП:

$$al_{NRI \cup_{al} NRD} = EP_{NRI} \cdot EP_{NRD} \cdot CIP_{NRD} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRD} \cdot IE \cdot RP_{NRD} \cdot RP_{NRI} \quad (10)$$

Проведя более глубокий анализ, можно определить правила свертки алгоритмов управления при совмещении узлами ролей:

$$\forall al_{rc_i}, al_{rc_j} \mid al_{rc_i} \in KL_1; al_{rc_j} \in KL_1 \cup KL_2 :$$

$$al_{rc_i \cup_{al} rc_j} = al_{rc_i} \cup_{al} al_{rc_j} = X \cdot EP_{rc_i} \cdot CIP_{rc_i} \cdot IE \cdot A(P)C_{rc_i} \cdot IE \cdot RP_{rc_i} \cdot Y \cup_{al} IE \cdot EP_{rc_j} \cdot EXE_{rc_j} \cdot AF_{rc_j} \cdot IE = X \cdot EP_{rc_i} \cdot EP_{rc_j} \cdot EXE_{rc_j} \cdot RP_{rc_i} \cdot Y;$$

$$al_{rc_i \cup_{al} rc_j} \in KL_1 \quad (11)$$

где

$$al_{rc_i} \in KL_1, al_{rc_j} \in KL_1 \cup KL_2 \quad - \quad \text{объединяемые алгоритмы};$$

$X, Y$  – некоторые последовательности операций;

$rc_i, rc_j$  – роли, смежные в иерархии ролей.

Предложенное правило обладает свойством транзитивности и может применяться для получения алгоритмов функционирования узлов управления при совмещении ими более чем 2 смежных в иерархии ролей.

Приведем примеры алгоритмов функционирования узлов управления при совмещении им ролей:

– ЛПП, управляющий решением:

$$al_{NRD \cup_{al} NRM} = al_{NRD} \cup_{al} al_{NRM} = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EXE_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE \cup_{al} IE \cdot EP_{NRM} \cdot EXE_{NRM} \cdot AF_{NRM} \cdot IE = IE \cdot EP_{NRD} \cdot CIP_{NRD} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRD} \cdot IE \cdot RP_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE \cup_{al} IE \cdot EP_{NRM} \cdot EXE_{NRM} \cdot AF_{NRM} \cdot IE = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EP_{NRM} \cdot EXE_{NRM} \cdot RP_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EP_{NRM} \cdot CIP_{NRM} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRM} \cdot IE \cdot RP_{NRM} \cdot RP_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE \quad (12)$$

– ЛПП, управляющий решением и координатор:

$$al_{NRD \cup_{al} NRM \cup_{al} NRC} = al_{NRD} \cup_{al} al_{NRM} \cup_{al} al_{NRC} = \left( al_{NRD} \cup_{al} al_{NRM} \right) \cup_{al} al_{NRC} = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EP_{NRM} \cdot CIP_{NRM} \cdot IE \cdot A(P)C_{NRM} \cdot IE \cdot RP_{NRM} \cdot RP_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE \cup_{al} IE \cdot EP_{NRC} \cdot EXE_{NRC} \cdot AF_{NRC} \cdot IE = IE \cdot EP_{NRD} \cdot EP_{NRM} \cdot EP_{NRC} \cdot EXE_{NRC} \cdot RP_{NRM} \cdot RP_{NRD} \cdot AF_{NRD} \cdot IE \quad (13)$$

Таким образом, используя информацию о ролевом закреплении функциональных задач за узлами и предложенные правила свертки алгоритмов управления, можно построить протоколы

управления решением всех функциональных подзадач функциональной задачи системы.

Следующим шагом построения общего протокола управления решением задачи является объединение частных протоколов управления подзадачами в общий протокол управления.

Для построения общего алгоритма управления должны быть выполнены следующие действия:

1. Определение действий узлов, общих для управления решением нескольких подзадач (например, для запуска решения нескольких задач используется одинаковое управляющее воздействие и, соответственно, оно готовится только один раз).

2. Определение предикатов инициации решения очередных подзадач.

3. Определение предикатов останова (завершения) решения задачи.

4. Определение предикатов достаточности решения задачи (условие, при котором задача считается решенной).

5. Определение типов управления, требуемых подзадачами (активное и пассивное управление).

Процесс решения функциональной задачи может быть представлен в виде сетевого графика решения подзадач, определяющего логические связи между ними. Анализ сетевого графика дает возможность определения предикатов инициации выполнения очередных подзадач. Предикаты останова решения и достаточности решения определяются внутренней логикой задачи и должны быть определены конечным пользователем системы. С помощью задания типов управления определяется, может ли узел управления участвовать в решении других задач.

На основании полученных предикатов может быть автоматически построен алгоритм запуска очередных протоколов управления подзадачами.

Общий алгоритм управления будет представлять собой суперпозицию частных алгоритмов управления подзадачами и алгоритма запуска очередных протоколов управления подзадачами

### Заключение

С помощью результатов, полученных в данном исследовании и в работах [4-5], может быть построена формальная модель функционирования ССТС.

Модель, построенная с помощью предлагаемых подходов, является исходной для получения статистической информации о функционировании управляющих узлов и всей ССТС в целом методами имитационного моделирования. Эта информация может быть использована для проведения анализа эффективности функционирования управляющих структур в ССТС.

### Литература

1. Мэскон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента: Пер. с англ.–М.:«Дело», 1992.–702 с.
2. Бусленко Н.П. Автоматизация имитационного моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1977. –240 с.
3. Дружинин Е.А., Луханин М.И., Горлов Д.А. Формализованное представление процессов управления в сложных социотехнических системах // Технология приборостроения. – 2001, №1-2, С.40-44.
4. Научно-методологическое обеспечение управления сложными проектами / Под ред. М.М.Митраховича. –К.: Техника, 2002. – 369 с.
5. Дружинин Е.А., Горлов Д.А, Бек В.А.,. Сценарий исследования процессов управления в сложных социотехнических системах // Авиационно-космическая техника и технология. – 2002.– Вып. 29 – С.178-182.

*Поступила в редакцию 03.09.03*

**Рецензент:** д-р техн. наук, профессор, Л.И. Нефёдов, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет.