

## Структуризация математического описания системы управления информацией как объекта управления в проекте

И. М. ЧЕРНЯВСКАЯ

Национальная металлургическая академия Украины

В статье сформулированы вопросы и решены задачи структуризации математического описания системы управления информацией как объекта управления в проекте, моделирования оперативного управления информационными потоками с использованием процедур оптимизации для принятия решений на основе регулярных выражений алгебры событий.

В статті сформульовані питання і вирішені задачі структуризації математичного опису системи управління інформацією як об'єкту управління в проекті, моделювання оперативного управління інформаційними потоками з використанням процедур оптимізації для ухвалення рішень на основі регулярних виразів алгебри подій.

In the article the questions are formulated and decided tasks of strukturization of mathematical description of the system of management by information as an object of management in a project, designs of operative management by informative streams with the use of procedures of optimization for acceptance of decisions on the basis of regular expressions of algebra of events.

**Постановка задачи.** Математическая модель оперативного управления информацией состоит из совокупности математических моделей процесса принятия решений, а именно, процесса выбора оптимального (удовлетворительного) решения среди альтернативных вариантов.

Структуризация в широком смысле включает в себя процессы декомпозиции системы и решаемой проблемы на составные части (задачи, подпроблемы, подсистемы), построения множества допустимых моделей, поиска и реализации решений отдельных задач с их координацией на общесистемном уровне. Структуризация в узком смысле представляет собой процесс выбора совокупности предпочтительных структур моделей для каждого из подклассов *метамодели* системы.

**Изложение основного материала.** Основными функциями управления информационными связями являются планирование системы коммуникаций, сбор и распределение информации, отчетность о ходе выполнения проекта, документирование хода работ [1].

Процедура принятия решений обеспечивает сбор, передачу и хранение данных, содержательную обработку данных в процессе решения функциональных задач управления проектом, представление информации в форме, удобной для принятия решений, доведение принятых решений до исполнителей.

Структуру интегрированной информационной системы [2] поддержки принятия решений во многом определяет структура принятых в рамках проекта и организации процессов управления. Как следствие, она может быть структурирована по:

- этапам проектного цикла;
- функциям;
- уровням управления.

На рис. 1 показан обобщенный жизненный цикл проекта и управленческие функции, связанные с различными стадиями проекта. Для поддержки различных управленческих функций используется разное информационное и программное обеспечение.

К фундаментальным понятиям системы оперативного управления информационными связями относятся такие понятия как система, структура и функциональность. Под системой в узком смысле принято подразумевать совокупность объектов любой природы, находящихся между собой в определенных отношениях

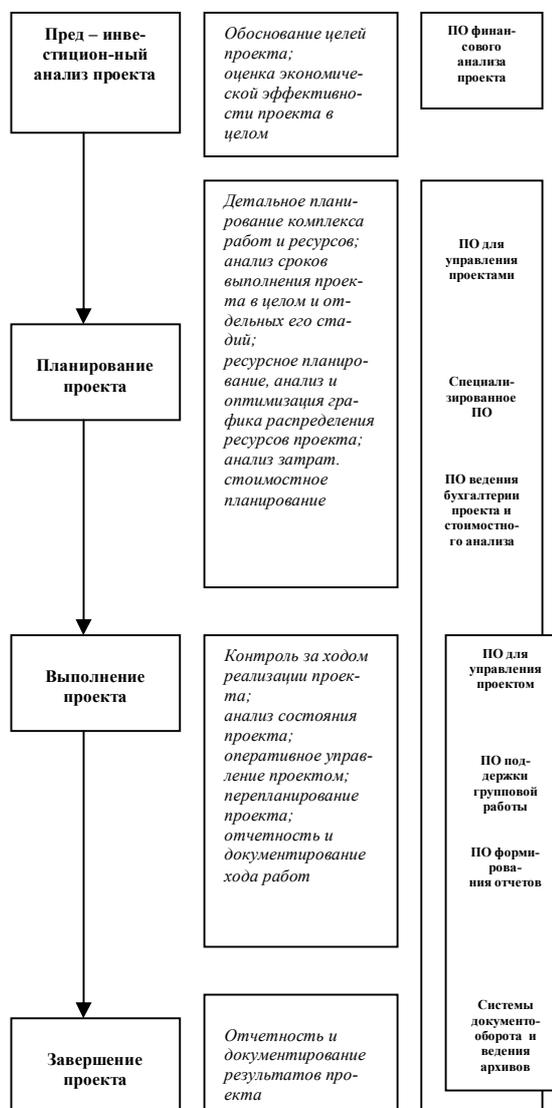


Рис. 1. Типы программного обеспечения для различных циклов проекта

и образующих единое целое. Система S представляет собой упорядоченную пару  $S = (A, R)$ , где A – множество исследуемых объектов, а R – множество отношений между элементами множества A [3].

Систему с гнесеологической точки зрения можно представлять «черным ящиком», на вход которого поступают управляющий сигнал  $u(t)$ , измеримая помеха  $w(t)$  и неизмеримая помеха  $v(t)$ , а на выходе системы наблюдается сигнал  $y(t)$ , представляющий собой отображение  $y(t) = \{u(t), w(t), v(t)\}$ .

Процессная структура информационной системы  $ST_{пр}$  как объекта управления определяется принятой технологией и характером проекта, строится по принципам методологии управления проектами, отражая последовательность процессов преобразования информационных потоков и имеет следующий вид:

$$ST_{пр} = \langle ST_{ц}, ST_{рес}, ST_{вып} \rangle, \quad (1.1)$$

где  $ST_{ц}$  – структура целеполагания,  $ST_{рес}$  – структура ресурсного обеспечения,  $ST_{вып}$  – структура контроля за ходом выполнения проекта.

Функциональная структура системы управления информацией  $ST_{фсуи}$  отражает основные функции управления проектом такие, как планирование, контроль и анализ проекта, принятие решений, бюджетирование и администрирование:

$$ST_{фсуи} = \langle ST_{пл}, ST_{реш}, ST_{ба} \rangle, \quad (1.2)$$

где  $ST_{пл}$  – структура планирования и контроля,  $ST_{реш}$  – структура принятия решений,  $ST_{ба}$  – структура бюджетирования, бухучета и администрирования.

Совокупность процессной структуры информационной системы как объекта управления

$$ST_{пр} = \langle ST_{ц}, ST_{рес}, ST_{вып} \rangle, \quad (1.3)$$

и функциональной структуры системы управления информацией

$$ST_{фсуи} = \langle ST_{пл}, ST_{реш}, ST_{ба} \rangle \quad (1.4)$$

представим иерархической процессно-функциональной структурой  $ST_{фсуи}^{ид}$  в матрично-кортежной форме

$$ST_{фсуи}^{пр} = \left\langle \begin{matrix} ST_{пл}^{ц}, & ST_{пл}^{рес}, & ST_{пл}^{вып} \\ ST_{реш}^{ц}, & ST_{реш}^{рес}, & ST_{реш}^{вып} \\ ST_{ба}^{ц}, & ST_{ба}^{рес}, & ST_{ба}^{вып} \end{matrix} \right\rangle \quad (1.5)$$

которая может быть интерпретирована схемой, приведенной на рис. 2.

Таким образом, в результате разработанной процедуры структуризации математическое описание информационной системы представлено в виде матрично-кортежного соотношения.

Математическая модель в матрично-кортежной форме (1.5) является идеализированно-упрощенной, предоставляющей возможность компактного описания в одном представлении функциональной и процессной структуры объекта управления. В реальной ситуации размерность столбцов матрично-кортежной модели отличается от (1.5) в силу различного количества подсистем управления проектом.

Представим проект как систему S, состоящую из совокупности процессов  $\{ПП_i\}$ , каждый из которых будем рассматривать как подсистему  $S_i$ . Каждой подсистеме  $S_i$  поставим в соответствие множество управ-

лений  $U_i$ , множество возмущений  $F_i$ , множество входов  $V_i$ , множество выходов  $Y_i$ . Система S агрегирует свойства отдельных подсистем  $S_i$  для перечисленных множеств  $U = \{U_i\}$ ,  $F = \{F_i\}$ ,  $V = \{V_i\}$ ,  $Y = \{Y_i\}$ .

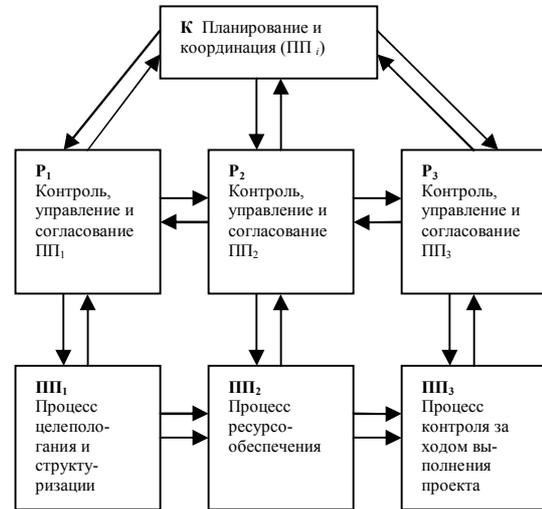


Рис. 2. Структура иерархической системы управления проектом

В терминах отображений общий процесс ПП как систему S представим декартовым произведением

$$S : V \times U \times F \rightarrow Y, \quad (1.6)$$

а составляющие процесса ПП<sub>i</sub> как подсистему  $S_i$

$$S_i : V_i \times U_i \times F_i \rightarrow Y_i, \quad (1.7)$$

причем для каждого множества  $V_i, U_i, F_i, Y_i$  существует область определения  $\bar{V}_i \subset V_i, \bar{U}_i \subset U_i, \bar{F}_i \subset F_i, \bar{Y}_i \subset Y_i$ , которой принадлежат текущие значения  $v_i \in \bar{V}_i, u_i \in \bar{U}_i, f_i \in \bar{F}_i, y_i \in \bar{Y}_i$ . Из множеств, составляющих области определения, с помощью декартова произведения образуются пространства входов

$$\bar{V} \subset (\bar{V}_1 \times \bar{V}_2 \times \dots \times \bar{V}_n),$$

$$\text{управления } \bar{U} \subset (\bar{U}_1 \times \bar{U}_2 \times \dots \times \bar{U}_n),$$

$$\text{возмущений } \bar{F} \subset (\bar{F}_1 \times \bar{F}_2 \times \dots \times \bar{F}_n) \text{ и}$$

$$\text{выходов } \bar{Y} \subset (\bar{Y}_1 \times \bar{Y}_2 \times \dots \times \bar{Y}_n).$$

Представление множеств V, U, F, Y в виде декартовых произведений

$$V = V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n, \quad U = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n, \\ F = F_1 \times F_2 \times \dots \times F_n, \quad Y = Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n, \quad (1.8)$$

дает возможность разбить множества входов, управлений, возмущений и выходов на компоненты  $(V_i, U_i, F_i, Y_i)$ , которые характеризуют функционирование подсистемы  $S_i$ .

Управление  $i$ -м процессом ПП<sub>i</sub> как подсистемой  $S_i$  осуществляется своей локальной подсистемой управления  $P_i$ . Совокупность таких подсистем образует первый (нижний) уровень иерархической системы управления. Согласование работы локальных подсистем  $S_i$  осуществляется координатором K, представляющим второй (верхний) уровень управления (рис. 2).

На нижнем уровне подсистемы управления  $P_i$  решаются задачи оперативного контроля и регулирова-

ния производственного процесса  $\Pi_i$ . В качестве входной информации для  $P_i$  используются плановые задания  $\Pi_i$ , координирующие воздействия  $\Gamma_i$  и контроль параметров  $H_i$  о состоянии  $\Pi_i$ . Подсистема оперативного управления  $P_i$  осуществляет отображение

$$P_i: \Pi_i \times \Gamma_i \times H_i \rightarrow U_i, \quad (1.9)$$

и выдает выходной сигнал в виде управляющего воздействия  $u_i \in U_i$ , на регулирующий орган  $S_i$ .

На верхнем уровне иерархии координатором  $K$  решаются задачи управления по основным предметным областям – планирования, контроля и регулирования хода выполнения проекта, включая координацию работы подсистем  $S_i$ . Выработка управленческих решений осуществляется на основании математических моделей  $\Pi = \{\Pi_i\}$  и сигналов обратных связей о состоянии процесса  $Z_i \in Z_i$  и управляющих воздействиях  $u_i \in U_i$ .

Координатор  $K$  осуществляет отображения

$$K: \Pi_i \times Z_i \times U_i \rightarrow \Omega_i, \quad K: \Pi_i \times \Gamma_i \rightarrow \Omega_i \quad (1.10)$$

и выдает воздействия  $K: F_i \times \gamma_i \rightarrow \omega_i$ ,  $\omega_i \in \Omega_i$  на подсистему оперативного управления  $P_i$ .

Сигналы  $W_i$ , поступающие на координатор  $K$ , содержат информацию о состоянии процесса  $Z_i$ , управляющих воздействиях первого уровня  $u_i$  и координирующих воздействиях  $\omega_i$ . Эту зависимость можно представить отображением

$$S_i: Z_i \times U_i \times \Omega_i \rightarrow W_i, \quad (1.11)$$

причем в данном случае имеет место система с централизованным управлением, для которой взаимосвязи между подсистемами не осуществляются. Координатор  $K$  в таких системах получает всю информацию о ходе выполнения и действует как связующее звено между регуляторами  $P_i$ .

Таким образом, в результате разработанной процедуры структуризации математическое описание процессной системы, состоящей из структурирования проекта, ресурсного обеспечения и контроля за ходом выполнения работ, представлено в виде теоретико-множественной модели системы управления (1.6)–(1.9).

На следующем уровне иерархической структуры метамоделю необходимо получить конструктивное математическое описание объекта управления в виде модели черного ящика с входными и выходными сигналами и функцией их взаимосвязи. Этот подход позволяет унифицировать математическое описание различных управленческих процессов. Общепринятой формой задания математического описания управленческих процессов являются производственные функции [4,5].

Производственные функции представляют собой математические зависимости между такими показателями проектной деятельности, как определение цели проекта, определение необходимых объемов и источников финансирования, подбор исполнителей, расчет бюджета проекта и обеспечение контроля за ходом выполнения.

Производственные функции также используются для выработки и принятия оптимальных плановых и оперативных управленческих решений. Как модели оптимального планирования они позволяют определять эффективные сочетания ресурсов, целесообразные пути их использования с учетом ограниченных объемов ресурсов

Математическое описание производственных функций может быть представлено различного рода соотношениями – от линейных алгебраических уравнений произвольного порядка до рекуррентных соотно-

шений, связывающих состояния изучаемого объекта в различные периоды времени. Производственные функции сначала задаются в мультипликативной форме, а затем переводятся в аддитивную форму [6].

Производственная функция для оценки изменения результирующего показателя  $y$  продукта проекта от совокупного изменения нескольких показателей факторов  $x_1, x_2, \dots, x_n$  (объема работ, времени, продолжительности, стоимости, качества и т.д.) может быть представлена соотношением:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1.12)$$

где  $y$  – результирующий показатель;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – показатели-факторы;  $y = f(\cdot)$  – функциональная линейная или нелинейная зависимость относительно искомых параметров модели и результатов наблюдений.

Линейную динамическую многофакторную модель производственной функции представим выражением

$$y = a_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + u, \quad (1.13)$$

где  $a_1, a_2, a_3$  – параметры модели производственной функции.

Для выборки, состоящей из  $m$  наблюдений над переменной  $y$  и  $n - 1$  объясняющими переменными  $x_2, \dots, x_n$ , при наличии возмущения  $u$  линейную модель производственной функции (1.13) запишем в виде:

$$y_j = a_1 + a_2 x_{2j} + \dots + a_i x_{ij} + \dots + a_n x_{nj} + u \quad (1.14)$$

где  $y_j, x_{2j}, \dots, x_{nj}$  – результаты  $j$ -го наблюдения;  $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n$  – искомые параметры производственной функции, оценки которых необходимо получить по результатам наблюдений;  $u$  – возмущение с неизвестными параметрами распределения.

**Выводы.** В настоящей статье разработана процедура структуризации математического описания производственной системы, в результате которой построена иерархическая метамоделю системы, на первом уровне которой располагается абстрактная операторная модель, а на четвертом – конструктивная математическая модель в виде набора производственных функций, которые в дальнейшем используются в качестве функциональных ограничений в решении управленческих задач.

В следующих статьях работа будет продолжена с точки зрения исследования процедур отображений граф-схем алгоритмов в логические схемы алгоритмов управления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мазур И.И., Шапиро В.Д. и др. Управление проектами, Справочное пособие/ Под редакцией И.И. Мазура и В.Д. Шапиро.- М.: Высшая школа, 2001 – 875 с.
2. Чернявская И.М. Модель построения архитектуры информационной системы в проекте. // Управління проектами та розвиток виробництва. Збірник наукових праць. Під ред. В.А. Рача. – 2005 – №2 (14) – С. 114-121
3. Шарапов О.Д., Дербенцев В.Д., Семьонов Д.Е. Системный анализ. – К.: КНЕУ, 2003. – 154 с.
4. Клейнер Г.Б. Производственные функции. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 329 с.
5. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством. – М.: Наука, 1975. – 617 с.
6. Бородакий Ю.В., Крицына Н.А., Кулябичев Ю.П., Шумилов Ю.Ю. Вероятностно-статистическое методы обработки данных в информационных системах. – М.: Радио и связь, 2003. – 264 с.

пост. 25.04.06.

