

## ПРИНЦИПЫ ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ В АСУ

В.Е. Жужжалов, И.Л. Коваленко,  
И.Д. Сапрыкина, Д.Д. Ганин

Кафедра «Системы управления»  
Московский государственный университет технологий  
и управления им. К.Г. Разумовского  
ул. Земляной вал, 73, Москва, Россия, 109004

В статье рассмотрены модельное и алгоритмическое обеспечение сложных динамических систем (СДО). Предложены типы алгоритмов и процедуры решения задач.

**Ключевые слова:** алгоритмическое обеспечение сложных динамических систем, математические модели, процессы управления, принятие решений.

Основой специального математического обеспечения принятия решений (СМОПР) в различных условиях являются математические методы решения оптимизационных задач. В его состав включают также математические модели (модельное обеспечение) и алгоритмы (алгоритмическое обеспечение). Модельное обеспечение (МО) содержит математические модели сложных динамических задач (СДО), процессов управления, решаемых функциональных задач и т.п. Алгоритмическое обеспечение (АО) содержит алгоритмы и процедуры решения задач, сформулированных в модельном обеспечении (рис. 1).

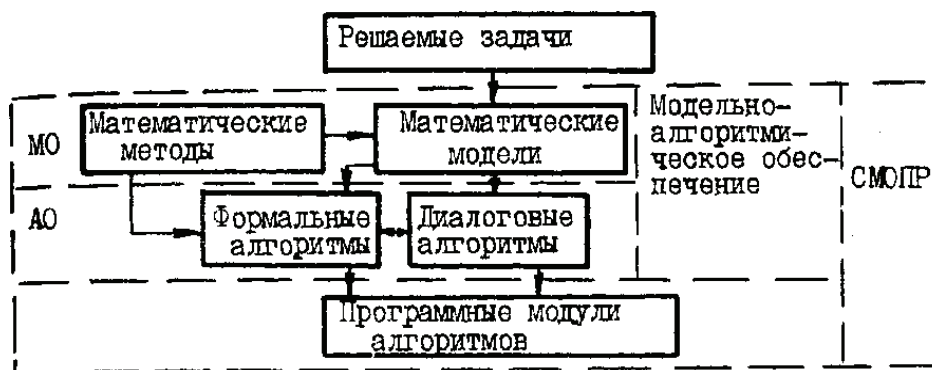


Рис. 1. Алгоритмы и процессы решения задач модельного обеспечения

Определим требования к математическому обеспечению принятия решений в АСУ. Состав СМОПР в АСУ СДО и их испытаниями определяется перечнем и содержанием решаемых задач управления. Из анализа структуры предпочтений лица, принимающего решения (ЛПР) в различных условиях, следует, что при формировании СМОПР как необходимой совокупности методов, моделей, алгоритмов и программ необходимо использовать аппарат оценки эффективности альтернатив в пространствах количественных и качественных критериев.

СМОПР в АСУ СДО, на наш взгляд, должно удовлетворять требованиям:

— оно должно быть открытым, т.е. обладать способностью к развитию в результате совершенствования методов и расширения парка моделей;

— оно должно быть многоцелевым, т.е. обеспечивать исследование, анализ и оценку эффективности объектов управления различного назначения, а также максимальное разнообразие возможностей, представляя тем самым ЛПР условия для генерации программ, ориентированных на обеспечение принятия решений во вновь возникающих задачах управления;

— предусматривать возможность вмешательства ЛПР в процесс исследования без ограничения его творческой деятельности. Система СМОПР должна быть полезной и необходимой ЛПР на различных этапах принятия решений в ходе управления и испытаний. Это связано прежде всего с тем, что современные СДО реализуют как технические, так и специальные цели, т.е. цели различной природы, законы взаимодействия которых еще не изучены в достаточной степени. Поэтому право коррекции выбранных критериев, ограничений и ситуаций остается за ЛПР и методы, реализованные в комплексе программ, должны помочь ему ориентироваться в большом количестве информации, сделать возможным просмотр необходимого числа вариантов и их оценку;

— иметь базовый язык описания процессов и их взаимодействия. Это необходимо для обеспечения совместимости программных средств между собой, а также с исходными данными.

Наряду с базовым языком система СМОПР  $k$ -го уровня должна допускать использование локальных языков, обеспечивая совместимость промежуточных результатов и общение с ЛПР (рис. 2).

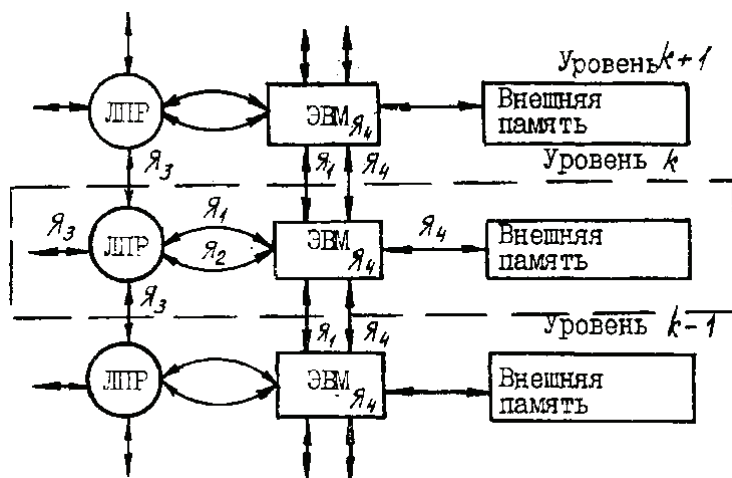


Рис. 2. Использование локальных языков результатов общения ЛПР:

Я<sub>1</sub> — входной язык программирования. На Я<sub>1</sub> описываются алгоритмы в понятной для ЭВМ форме (взаимодействие на уровне описания переработки информации в процессе решения конкретной задачи); Я<sub>2</sub> — язык сообщений операционной системы (команды, используемые для входа в систему, для ввода и вывода своих сообщений; для включения в работу тех или иных устройств ЭВМ; для запросов о готовности операционной системы; для исправления текстов своих сообщений и т.д.); Я<sub>3</sub> — язык, обеспечивающий связь между различными специалистами в системе ЛПР-ЭВМ, а также между ЛПР и внешним миром; Я<sub>4</sub> — внутренний язык ЭВМ, на котором записываются в памяти машины непосредственно используемые программы решения задач. На Я<sub>1</sub>, Я<sub>4</sub> ЭВМ может иметь связь с другими машинами и системами ЛПР — ЭВМ (с внешним миром машины)

Перечисленные требования приводят к необходимости разработки алгоритмов в виде отдельных, функционально законченных модулей, из которых можно конструировать алгоритмы любой сложности в соответствии с конкретными условиями принятия решения. Режим диалога ЛПР-ЭВМ в этом случае должен иметь две составляющие: организационный диалог (ОД) и вычислительный диалог (ВД). ЛПР с помощью команд ОД конструирует из модулей сложный алгоритм, соответствующий возникшей проблемной ситуации, а с помощью команд ВД руководит вычислительным процессом согласно сконструированному алгоритму.

В соответствии с результатами анализа процесса принятия решений комплекс алгоритмов должен включать в себя три группы: алгоритмы формирования ИМА; алгоритмы принятия решений по оценке эффективности альтернатив в пространстве количественных критериев; алгоритмы принятия решений по оценке эффективности альтернатив в пространстве качественных критериев (пространство бинарных отношений).

Алгоритмы формирования ИМА включают четыре типа алгоритмов:

$$A^\Delta = \langle A^z, A^k, A^w, A^\Omega \rangle. \quad (1)$$

Количество всех возможных алгоритмов формирования ИМА равно числу сочетаний из  $L+B+G$  по три. Внутри групп алгоритмы объединяют по принципам логического умножения  $\wedge$  и логического сложения  $\vee$ . Тогда  $i$ -й алгоритм формирования ИМА в терминах булевой алгебры запишется следующим образом:

$$a_i^\Delta = (a_1^z \vee a_2^z \vee \dots \vee a_L^z) \wedge (a_1^k \vee a_2^k \vee \dots \vee a_B^k) \wedge (a_1^w \vee a_2^w \vee \dots \vee a_G^w), \quad (2)$$

$$i = \overline{1, I}.$$

Какой конкретно из алгоритмов каждого типа включить в  $a_i^\Delta$ , ЛПР определяет в процессе организационного диалога. Если принятие решения осуществляется в условиях риска или неопределенности, то в  $a_i^\Delta$  необходимо включать и алгоритмы формирования возможных состояний среды

$$a_\varepsilon^\Omega = a_1^\Omega \vee a_2^\Omega \vee \dots \vee a_L^\Omega. \quad (3)$$

В случае, когда цели и критерии заданы вышестоящим органом управления, то в  $a_i^\Delta$  включаются только алгоритмы  $a_\gamma^w$ ,  $\gamma \in G$ .

Алгоритмы принятия решений по оценкам альтернатив в пространстве количественных критериев имеют в своем составе следующие алгоритмы:

$$A^{kk} = \langle A^M, A^P, A^H \rangle, \quad (4)$$

где  $A^M = \{a_\eta^M\}$ ,  $\eta = \overline{1, N}$  — множество алгоритмов принятия решений по агрегированной модели  $M$ ;  $A^P = \{a_\lambda^M\}$ ,  $\lambda = \overline{1, L}$  — множество алгоритмов принятия решений по упорядоченным по важности критериям  $P$ ;  $A^H = \{a_\tau^H\}$ ,  $\tau = \overline{1, T}$  — множество алгоритмов направленного поиска экстремума функционалов (функций) в случае явного задания  $R$ .

В терминах булевой алгебры можно записать

$$a_j^{kk} = (a_1^M \vee a_2^M \vee \dots \vee a_N^M) \vee (a_1^P \vee a_2^P \vee \dots \vee a_\lambda^P), \quad j = \overline{1, J}. \quad (5)$$

Каждый из алгоритмов  $a_\eta^M$  может иметь в своем составе один или несколько алгоритмов  $a_\tau^H$  :

$$a_\eta^M = a_1^H \vee a_2^H \vee \dots \vee a_\tau^H, \quad \eta = \overline{1, N}. \quad (6)$$

Группа алгоритмов принятия решений по оценке эффективности альтернатив в пространстве бинарных отношений  $A^{BO} = \{a_s^{BO}\}$ ,  $l = \overline{1, S}$  включает алгоритм выбора оптимальных альтернатив по каждому из видов бинарных отношений и алгоритмы выбора по их совокупности:

$$A^{BO} = \langle A^{R_1}, A^{R_2}, \dots, A^{R_q}, \dots, A^{R_n}; A^R \rangle, \quad (7)$$

где  $A^{R_q} = \{a_\theta^{R_q}\}$ ,  $\theta = \overline{1, \theta_q}$ ,  $q = \overline{1, Q}$  — множество алгоритмов выбора при установлении бинарного отношения типа  $R_q$ ;  $A^R = \{a_\beta^R\}$ ,  $\beta = \overline{1, \Sigma}$  — множество алгоритмов выбора оптимальной альтернативы  $W^* \in \Delta$  по совокупности типов бинарных отношений.

Любой алгоритм  $a_s^{BO}$  можно записать в терминах булевой алгебры аналогично

$$(a_1^{R_\theta} \vee \dots \vee a_{\theta_q}^{R_\theta}) \vee (a_1^R \vee \dots \vee a_\Sigma^R). \quad (8)$$

Таким образом, вся совокупность алгоритмов СМОПР будет иметь вид

$$A = A^\Delta \wedge A^{kk} \wedge A^{BO}. \quad (9)$$

Представление взаимосвязи между алгоритмами логическим сложением и умножением позволяет представить структуру алгоритмического обеспечения в виде графа (рис. 3). Каждый путь в графе представляет собой сложный алгоритм принятия решений в конкретных условиях. Выбор пути в графе осуществляется ЛПР в процессе организационного диалога. Возможности алгоритмического обеспечения определяются значениями L, B, Г, E, N, A, T, H, M.

Предложенный состав алгоритмического обеспечения в виде (9) и структура в виде графа, связь между вершинами в котором определяется выражениями (2), (3), (5), (6), (8), будут удовлетворять сформулированным требованиям к СМПР. Каждый из алгоритмов в составе алгоритмического обеспечения (9) представляет собой функционально законченный модуль и может разрабатываться с учетом конкретного комплекса средств автоматизации, языков программирования, условий использования и т.д., что отвечает принципу развития всей системы алгоритмов в целом.

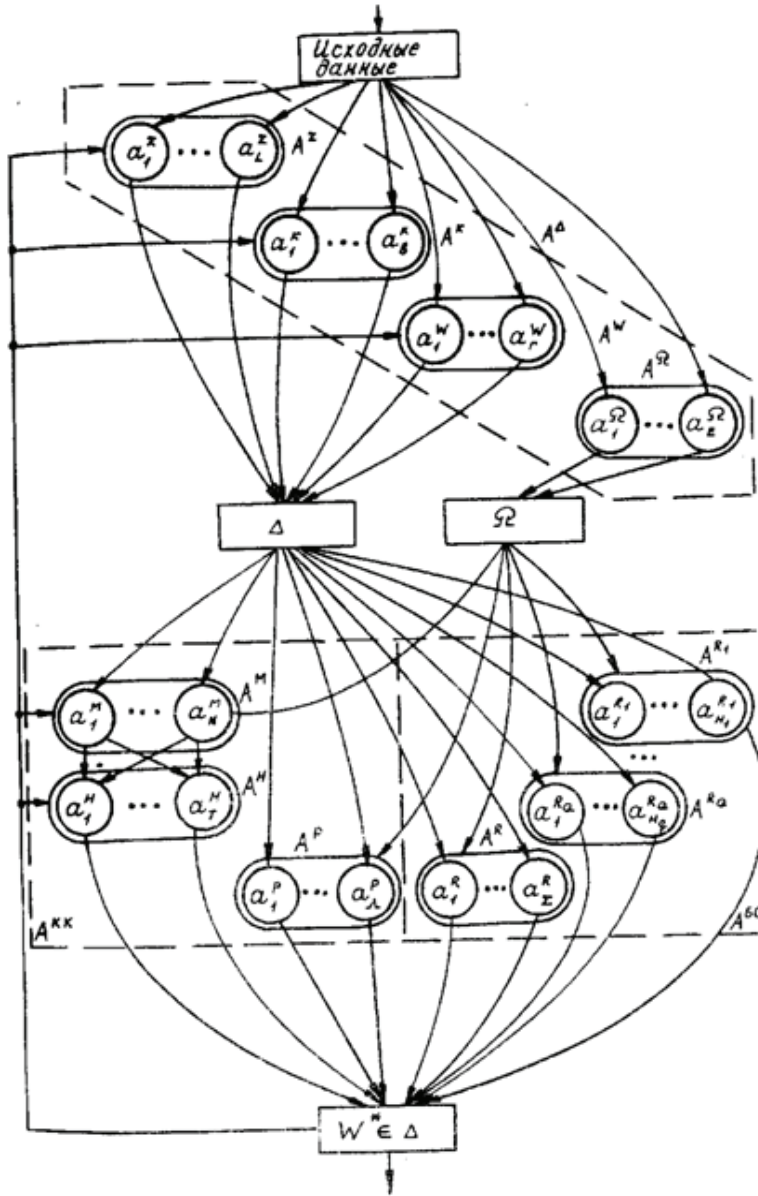


Рис. 3. Структура алгоритмического обеспечения в виде графа

Предложенная структура может быть использована при разработке программного обеспечения АСУ и формирования банка ситуаций с целью совершенствования деятельности ЛПР.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Павловский Ю.Н., Болотелов Н.В., Бродский Ю.И. Имитационное моделирование. — М.: Академия, 2000.
- [2] Аверилл М. Лоу, В. Дэвид Кельтон. Имитационное моделирование. — СПб.: Питер, 2004.

- [3] *Максимей И.В.* Имитационное моделирование сложных систем. В 3 ч. Ч. 1: Математические основы. — БГУ, 2009.
- [4] *Рыжиков Ю.И.* Имитационное моделирование: Теория и технологии. — М.: Альтекс-А, 2004.

#### **LITERATURA**

- [1] *Pavlovskij Ju.N., Bolotelov N.V., Brodskij Ju.I.* Imitacionnoe modelirovanie. — М.: Akademiya, 2000.
- [2] *Averill M. Lou, V. Djevid Kel'ton.* Imitacionnoe modelirovanie. — SPb.: Piter, 2004.
- [3] *Maksimej I.V.* Imitacionnoe modelirovanie slozhnyh sistem. V 3 ch. Ch. 1: Matematicheskie osnovy. — BГУ, 2009.
- [4] *Ryzhikov Ju.I.* Imitacionnoe modelirovanie: Teorija i tehnologii. — М.: Al'teks-A, 2004.

## **THE PRINCIPLES OF WORKING OUT OF MANAGERIAL DECISIONS IN ACS**

**V.E. Zhuzhzhhalov, I.L. Kovalenko,  
I.D. Saprykina, D.D. Ganin**

Control systems chair  
Moscow state university of technologies  
and managements of K.G. Razumovsky  
*Zemljanoj val str., 73, Moscow, Russia, 109004*

In article are considered model and algorithmic providing difficult dynamic systems (SDO). Types of algorithms and procedure of the solution of tasks are offered.

**Key words:** algorithmic providing difficult dynamic systems, mathematical models, management processes, decision-making.