

Г. Г. ЧЕТВЕРИКОВ, канд. техн. наук, А. Д. ИВАНОВА,
Н. Ю. КАРПЕНКО, В. А. ИВАНОВ

ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАЛОГА В МНОГОУРОВНЕВОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

В настоящее время особое значение приобретают проблемы рационального использования ограниченных ресурсов. Поэтому в составе современных АСУП разработаны и функционируют многочисленные системы управления производством, направленные на решение задач планирования с целью максимального использования производственных мощностей предприятия. Большинство этих систем формально принимают плановые решения, построенные с учетом специфики конкретного производства. Несмотря на многочисленные преимущества, область применения формальных процедур ограничена ввиду наличия множества трудноформализуемых факторов, влияющих на ход производственного процесса. Поэтому целесообразно создать диалоговую систему, базирующуюся на иерархическом семействе моделей [1] и принципе агрегированного управления. Цель организации диалога — привлечение работников различных уровней управленческого аппарата к решению трудноформализуемых задач, использование их опыта, способности к неформальному мышлению в сочетании с преимуществами современных ЭВМ.

Функционирует множество диалоговых систем, ориентированных на решение задач планирования [2, 3]. Однако одной из важных является проблема организации диалога в условиях многоуровневой системы управления производством.

Рассмотрим вопросы организации диалогового режима для управления многоуровневой системой принятия решений. Объект управления (производственная система) характеризуется совокупностью трех атрибутов: процессов P , ресурсов R , времени T . Он представлен иерархической системой управления, функционирование которой запишем четверкой $\langle F, R, P, T \rangle$, где F — критерий оптимальности функционирования системы; R, P, T — соответственно системы ресурсов, процессов и времени.

Система R на нижнем уровне представлена множеством различных элементарных ресурсов $R_0 = \{r_0\}$ нескладируемого типа с определенной на нем структурой $S(R)$. Эта структура определяет правила формирования иерархических подмножеств из элементов на этапе агрегирования. В общем случае $S(R)$ — иерархическая сеть. Пусть индекс v определяет номер уровня в структуре $S(R)$, $i(R(v))$ — функция, ставящая в соответствие ресурсам v -го уровня ресурсы $(v+1)$ -го уровня. Тогда в случае древовидной структуры системы R справедливо

$$R_v = \bigcup_{r_{v+1}} R_v^{r_{v+1}}, \text{ где } R_v^{r_{v+1}} = \{r_v \mid i(r_v) = r_{v+1}\}.$$

Пусть для всех $r_0 \in \bar{R}_0$ известна объемная характеристика $b(r_0)$, отражающая мощность системы R по ресурсу r_0 . На практике в качестве $b(r_0)$ может выступать годовой фонд времени ресурса r_0 с учетом коэффициента сменности и процента выполнения норм. Тогда правило агрегирования системы R для произвольного уровня $\mu > \nu$ имеет вид

$$b_{r_\mu} = \sum_{r_{\mu-1} \in R_{\mu-1}^{r_\mu}} \sum_{r_{\mu-2} \in R_{\mu-2}^{r_{\mu-1}}} \dots \sum_{r_\nu \in R_\nu^{r_{\nu+1}}} b_{r_\nu}. \quad (1)$$

Система P нижнего уровня образована множеством элементарных процессов (ЭП) $P_0 = \{P_0\}$, каждый из которых для своего выполнения требует элементарный ресурс заданного типа $i(p) = r_\mu$ в течение фиксированного интервала времени. Структура $S(p)$ определяется отношением частичного порядка на множестве ЭП и задается в виде сетевого комплекса $G = \langle P, Q \rangle$. Выделение системы иерархических подмножеств для различных уровней системы P связано с декомпозицией сети G и последующим агрегированием полученных фрагментов. Пусть известны множества $P_0, P_1, \dots, P_{N_p}, p_0 = \{p_0\}$ и соответствующие разбиения $p_\nu^{p_0}, \nu = 1, 2, \dots, N_p$. Определим множество $p_0^{p_1}(r_\mu) = \{p_0\}, (p_0) = r_\mu, p_0 \in P_0^{p_1}, i(p_0) \in R_\mu = \{r_\mu\}$, а $p_0^{p_1} = \bigcup_{r_\mu \in R_\mu} p_0^{p_1}(r_\mu)$.

Агрегирование системы P_0 до уровня $\nu = 1$ представим в виде

$$a_{p_1 r_\mu} = \sum_{p_0 \in P_0^{p_1}(r_\mu)} a_{p_0}, r_\mu \in R_\mu.$$

В случае многошагового агрегирования системы P при повышении уровней агрегирования по процессам от ν до μ , а по ресурсам от ν' до μ' получим

$$a_{p_\mu r_\mu'} = \sum_{r_{\nu'} \in R_{\nu'}^{r_\mu'}} \sum_{p_\nu \in P_\nu^{p_\mu}} a_{p_\nu r_{\nu'}}, r_\mu' \in R_{\mu'}^{r_{\nu'}}, r_{\nu'} \in R_{\nu'}. \quad (2)$$

Система T образована множеством элементарных моментов (отрезков) времени $T_0 = \{t_0\}$ с установленным на нем отношением полного порядка $S(T)$. Иерархическая система подмножеств определяется уровнями квантования.

Взаимодействие атрибутов RPT на нижнем уровне агрегирования формально представляется бинарной функцией трех аргументов $\pi_0(r_{01} P_0 t_0)$, равной единице, если процесс P_0 потребляет ресурс r_0 в момент t_0 , и нулю — в противном случае. Управление системой RPT заключается в реализации π_0 , удовлетворяющей $S(R), S(P), S(T)$ и доставляющей экстремум критерию F . Ввиду большой мощности множеств R_0, P_0, T_0 непосредственное построение π_0 на практике невозможно. Поэтому управление системой типа RPT строят по иерархическому принципу, что подразумевает агрегирование всех атрибутов в соответствии с правилами

ми выделения иерархических подмножеств типа (1), (2). В результате многошагового агрегирования по известной функции π_0 можно построить иерархическое семейство моделей функционирования системы RPT :

$$\pi_\nu(r_\nu, p_\nu, t_\nu) = \sum_{r_\mu \in R_{\nu-1}} \sum_{p_\mu \in P_{\nu-1}} \sum_{t_\mu \in T_{\nu-1}} (r_{\nu-1}^\mu, p_{\nu-1}^\mu, t_{\nu-1}^\mu). \quad (3)$$

Каждому значению ν соответствует фиксированный номер уровня агрегирования атрибутов системы RPT . Соответствующая ломаная в пространстве $R \times P \times T$ с координатными осями, содержащими значения ν , определяет структуру системы управления.

Описанное семейство моделей положено в основу принципа агрегированного управления, который состоит в следующем.

1. Декомпозиция системы P с целью выделения сетевого комплекса (агрегатов).

2. Формирование агрегированных моделей для выделенных агрегатов.

3. Решение агрегированной задачи распределения ресурсов.

4. Деагрегирование фрагмента объемно-календарного плана до заданного уровня агрегирования.

Потребление ресурсов агрегированным процессом, согласно [1], представим в виде

$$x_p(t) = u_p(t), \quad (4)$$

$$\pi_{rp}^t = \omega_{rp}^0 g_{rp}(x_p(t)) u_p(t), \quad (5)$$

где $x_p(t) \in [0, 1]$ — состояние процесса; $\dot{x}_p(t) = dx_p(t)/dt$ — скорость процесса; $u_p(t)$ — управление (интенсивность); π_{rp} — потребность процесса p в ресурсе r в момент t ; ω_{rp} — нормативный объем процесса p по r -му ресурсу; g_{rp} — функция расхода ресурсов. Матрица значений $\pi = \|\pi_{rp}^t\|$ является моделью функционирования системы RPT на базовом уровне ν^* . Формирование моделей уровней $\mu > \nu^*$ сводится к преобразованию π_{ν^*} в соответствии с (3) и с учетом $S(R)$, $S(P)$, $S(T)$. Формирование детализированных решений π_ν , $\nu < \nu^*$ является результатом процедуры деагрегирования. Она может быть представлена в виде отображения $D: \pi_\mu \rightarrow \Omega_{\mu-1} = (\pi_\mu) = \{\pi_{\mu-1}\}$ при известных $g_{r\mu}(x_{r\mu})$ и векторе $u_{p\mu}(t)$, которое ставит в соответствие некоторому сечению матрицы π_μ множество планов $(\mu-1)$ -го уровня. Поскольку π_μ однозначно определено функциями $g(x)$ и $u(t)$, справедливо $D: (g_{r\mu-1}, u_{p\mu}) \rightarrow \pi^{p\mu-1}$. Используя модели типа (3), (4), последнее отображение можно представить в виде

$$\pi^{p\mu-1}(r, t_0) = W_{r\mu-1} g_{r\mu-1}[x_{r\mu}(t_0)] u_{p\mu}(t_0), \quad (6)$$

где $x_{r\mu}(t_0) = \Delta \sum_{\tau=1}^{(t-1)} u_{r\mu}^\tau + u_{r\mu}^t(t_0 - (t-1) \cdot \tau)$; $t_0 \in [(t-1)\Delta, t\Delta]$.

Таким образом, процедура дезагрегирования заключается в выборе по некоторым правилам подмножества процессов $D'_{\mu-1}$ при заданных $g(x)$ и $u(t)$ с учетом характера использования ресурсов π_r^t , которые должны быть выполнены в кванте t .

Рассмотренные модели функционирования производственной системы положены в основу диалоговой системы планирования индивидуального и мелкосерийного производства ДИАЛОГ — RPT [3]. Основной функцией этой системы является формирование по запросам лица, принимающего решения (ЛПР), модели μ -го уровня агрегирования для указанного подмножества элементов $R_\mu \times P_\mu \times T_\mu$ и ее локальная оптимизация по выбранной системе ограничений, формируемой в процессе диалога [4].

Рассмотрим примеры возможных запросов ЛПР различных уровней иерархии, поступающие на вход системы и направленные на анализ имеющегося плана.

1) Определить трудоемкость годовой производственной программы.

2) Какие заказы и в каком количестве создают загрузку токарного оборудования 4-го участка 8-го цеха во II квартале 1989 года?

3) Когда по плану должны быть изготовлена партия деталей 116500 заказа 2141?

Анализ приведенных запросов позволяет сделать следующие выводы. Во всех запросах присутствуют три атрибута производственной системы: процессы P , ресурсы R и время T . В зависимости от значений этих атрибутов запросы можно классифицировать по типу «что», «где», «когда». Перечисленные запросы могут быть объединены в единую форму (назовем ее основной).

Абстрагируясь от языковых особенностей, представим основной запрос в виде

(тип запроса):<код области> $\mu^{вх}(\beta)\mu^{вых}$.

Здесь <тип запроса> — указывает на основной запрос; <код области> — на область R , P или T ; $\mu^{вх}$ — уровень входного агрегирования; $\mu^{вых}$ — уровень выходного агрегирования; β — область запроса.

Для обработки основного запроса в системе ДИАЛОГ — RPT используются две процедуры: агрегирование и дезагрегирование. Первая предназначена для агрегирования базовой модели π_{ν^δ} и используется при обработке запросов, в которых $\nu > \nu^\delta$, где ν^δ — уровень агрегирования базовой модели. Вторая процедура используется в том случае, если $\mu^{вых} < \nu^\delta$.

Обобщенный алгоритм обработки запроса состоит в следующем. В диалоге с ЛПР формируются атрибуты $\mu^{вх}$, β , $\mu^{вых}$. На основании параметров $\mu^{вх}$, β выделяется подмножество элементов пространства $\Omega = R_{\nu^\delta} \times P_{\nu^\delta} \times T_{\nu^\delta}$. Если $\mu^{вых} > \nu^\delta$, то из базовой модели выделяется соответствующий Ω фрагмент, который впоследствии агрегируется согласно (3) до уровня $\mu^{вх}$. Если $\mu^{вых} < \nu^\delta$, то выполняется процедура дезагрегирования [4].

Процесс взаимодействия системы ДИАЛОГ — RPT с ЛПР организован по фиксированному сценарию с преимущественной инициативой ЭВМ [3]. Такая организация диалога не требует от ЛПР специальных знаний и снижает вероятность внесения непреднамеренных ошибок. Структура диалога представлена в виде дерева, каждой вершине которого соответствует последовательность жестко сформатированных кадров. Диалоговый монитор системы функционирует как конечный автомат и в процессе работы обходит вершины этого дерева в соответствии с заданным алгоритмом. При попадании в каждую вершину на экран терминала выводится запрос на получение параметров $\mu^{вх}$, β или $\mu^{вых}$. После ввода одного параметра запроса система переходит к следующему кадру. По окончании формирования всех атрибутов запроса последний автоматически передается на обработку.

Программное обеспечение системы ДИАЛОГ — RPT реализовано по модульному принципу с максимальным привлечением средств языков программирования высокого уровня, что соответствует современной технологии программирования. Это обеспечивает гибкость и легкую адаптацию отдельных компонент системы при реализации в условиях различных операционных систем.

Система ДИАЛОГ — RPT внедрена в промышленную эксплуатацию на ряде предприятий народного хозяйства.

Список литературы: 1. Максимов Ю. Б., Котлик С. В., Пидлисний А. В., Кузьменко Г. В. Система оптимального объемно-календарного планирования мелкосерийного производства. Х., 1987. 74 с. Деп. в УкрНИИНТИ 14.04.87 № 1235 Ук-87 Деп. 2. Брябрин В. М. Диалоговые системы в АСУ/Под ред. Поспелова А. А. М., 1983. 208 с. 3. Карпенко Н. Ю., Иванов В. А. Реализация диалоговой системы планирования ДИАЛОГ—RPT. Х., 1989. 42 с. Деп. в УкрНИИНТИ 03.01.89 № 135 Ук-89 Деп. 4. Карпенко Н. Ю., Котлик С. В. Оптимизация объемно-календарных планов мелкосерийных производств в диалоговом режиме. Х., 1988. 32 с. Деп. в УкрНИИНТИ 04.07.89 № 132 — Ук-89.

Поступила в редколлегию 15.04.89