

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

УДК 519.95

Н. И. ЮСУПОВА, Е. В. БАБКОВА

УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕСУРСОВ
В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ-ЭТАЛОНОВ

В статье рассматривается концепция управления распределением ресурсов на основе моделей-эталонов в сложных системах. Приводится классификация моделей-эталонов для задач распределения ресурсов. Обсуждается структура системы управления. *Ресурс; сложная система; задача распределения ресурсов; модель-эталон; управление распределением ресурсов*

Управление распределением ресурсов на всех этапах функционирования сложной системы происходит в условиях, связанных с противоречивыми тенденциями развития уровней иерархии объекта, что не позволяет принять обоснованное согласованное решение по распределению ресурсов. В настоящее время в российской экономике, ориентированной на рыночные отношения, наряду с нехваткой ресурсов в отдельных секторах производства, существует проблема эффективного использования ресурсов с учетом как внутренних тенденций развития производственных систем, так и учета поведения внешней среды (поведения поставщиков, рынка сбыта и др.). Это относится ко всем прикладным задачам распределения ресурсов, таким как, задачи об оптимальных объемах распределения финансовых средств, предоставляемых предприятиям со стороны министерств; планирование численности сотрудников предприятия; распределения ограниченного количества материала по цехам; распределения объемов выпуска нескольких видов продукции для промежуточного потребления в производственной системе при условии увеличения прибыли объекта и другие.

Слабо разработанные вопросы поддержки принятия решений при управлении согласованным распределением дефицитных ресурсов с учетом изменения внешних и внутренних факторов функционирования сложных систем приводят к ошибкам в принятии решений и, как следствие, к перерасходу дефицитного ресурса. Кроме того, скорость принятия решений по рас-

пределению ресурсов зависит как от профессионализма руководителей, так и от качества информационной технологии, которая должна обеспечить обработку больших объемов данных в сжатые сроки с нужной эффективностью.

В связи с этим актуальной становится проблема построения с позиций информационной целостности комплекса взаимосвязанных моделей предметной области, устойчивых к возмущениям внешней среды, эффективных с позиций заданных критериев оптимальности. Таким средством являются модели-эталоны, представляющие собой иерархические информационные структуры-алгоритмы для решения задач распределения ресурсов.

1. ПРИНЦИП ВЫДЕЛЕНИЯ КЛАССОВ ЗАДАЧ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Для изучения предметной области и выделения признаков классов моделей-эталонов задачи распределения ресурсов систематизируются по принципу организации иерархической классификации, как показано на рис. 1.

Для каждой задачи распределения ресурсов формируется вектор признаков в следующем виде [1, 2]:

$$O_i \in \{\pi_1^i, \pi_2^i, \dots, \pi_j^i, \dots, \pi_n^i\}$$

где O_i – объект классификации с номером i , $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$; π_j^i – j -й признак классификации для объекта O_i , $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$.

Как видно из рис. 1, основными признаками классификации являются:

- число уровней;
- постановка задачи;
- вид задачи на уровне (линейного программирования (ЛП), линейного целочисленного

программирования (ЦЛП), планирования заготовительного производства и др.);

- критерии задач верхнего уровня (ВУ) и нижнего уровня (НУ);
- размерность задач и прочие.

2. МОДИФИКАЦИИ ЗАДАЧ И МОДЕЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Многообразие моделей распределения ресурсов проиллюстрируем с помощью классической задачи математического программирования, которая может быть представлена в обобщающей постановке в следующем виде.

Задача. Для заданных величин B , N_j^B , N_j^H , c_j , k_j , l_j , n , $j = 1, 2, \dots, n$ найти значение вектора x_j , оптимального по критерию μ и удовлетворяющего условиям:

$$N_{jkp}^{(1)} \leq x_{jkp} \leq N_{jkp}^{(2)}, \quad j \in J, \quad k \in \{1, 2, \dots, Q\}, \quad (1)$$

$$f_l(a_{jkp}, x_{jkp}) \leq A_{kp}, \quad j \in J, \quad k \in \{1, 2, \dots, Q\}, \quad (2)$$

$$\mu = \max \{ \min \} \sum_{j \in J} c_{jk} x_{jkp}, \quad j \in J, \quad k \in \{1, 2, \dots, Q\}, \quad (3)$$

где c_{jk} – коэффициент эффективности вложения ресурса в j -й объект на k -м уровне (при $k = 1$ имеем задачу верхнего уровня, при $k = Q$ имеем J_Q подзадач нижнего уровня); в качестве c_{jk} могут быть выбраны следующие категории: рентабельность или прибыль от единицы вложенного ресурса; вероятность использования средств в выделенном объеме; коэффициент использования ресурсов; себестоимость применения единицы ресурса; полные издержки на единицу выделенного ресурса и прочие; x_{jkp} – объем однородного ресурса p -го целевого назначения, потребляемого j -м предприятием на k -м уровне; причем некоторые x_{jkp} – целые; a_{jkp} – коэффициент долевого вложения ресурса; A_{kp} – выделенный объем ресурса p -го целевого назначения на k -м уровне; $N_{jkp}^{(g)} > 0$ – g -е ограничение (например, при $g = 1$ имеем нижнее ограничение на ресурс, при $g = 2$ – верхнее ограничение на ресурс) на ресурс p -го целевого назначения, потребляемого j -м предприятием на k -м уровне. Отметим, что некоторые из верхних или нижних ограничений могут быть равны нулю; f_l – алгебраические или нелинейные функции.

В рамках приведенной задачи можно рассматривать и задачу перемещения ресурсов в более эффективную сферу вложения в момент времени t_0 . Для получения соответствующей

модели к ограничениям (1–3) добавляется следующее ограничение на новые переменные y_{jp} :

$$y_{jp} = \begin{cases} 1, & \text{если для } j\text{-го предприятия} \\ & \text{дополнительный} \\ & \text{ресурс выделяется в объеме } a_{jp} x_{jp} \\ & \text{на } p\text{-е целевое назначение;} \\ 0, & \text{если для } j\text{-го предприятия} \\ & \text{ресурс остается в прежнем объеме;} \\ -1, & \text{если для } j\text{-го предприятия} \\ & \text{дополнительный ресурс снимается} \\ & \text{в объеме } a_{jp} x_{jp}. \end{cases}$$

Отметим, что многообразие моделей задач распределения ресурсов определяется особенностями ограничений (1–3) [3, 4, 6].

Для удобства изложения дальнейшего материала в таблице приведены обозначения некоторых моделей.

Таблица

Модификация модели	Обозначение
Линейного программирования	ЛП
Целочисленного линейного программирования	ЦЛП
Частично целочисленного программирования	ЧЦЛП
Нелинейного программирования	НП
Сетевого планирования	СП

3. УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛЕЙ-ЭТАЛОНОВ

Определим модель-эталон как прототип алгоритма распределения ресурсов, т. е. как сложную иерархическую структуру с информационными связями, обусловленными классом задачи распределения ресурсов [3, 5].

На рис. 2 представлена функциональная схема управления процессом распределения ресурсов на основе моделей-эталонов. Система состоит из трех подсистем:

1) информационной – обрабатывающей данные об объекте исследования и задачах распределения ресурсов;

2) банка моделей-эталонов – база данных о разработанных эталонах и соответствующих им алгоритмов;

3) моделирования – организации вычислительных экспериментов на основе разработанных алгоритмов и программ.

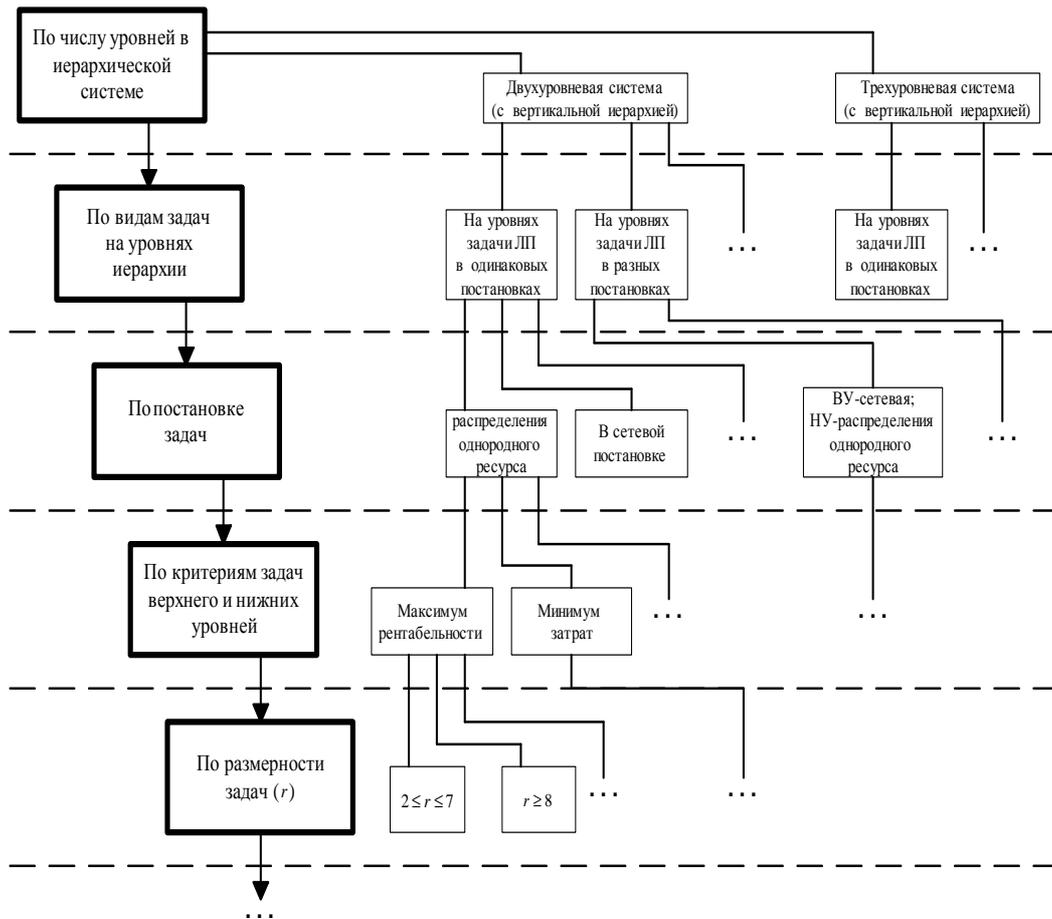


Рис. 1. Иерархическая классификация задач распределения ресурсов

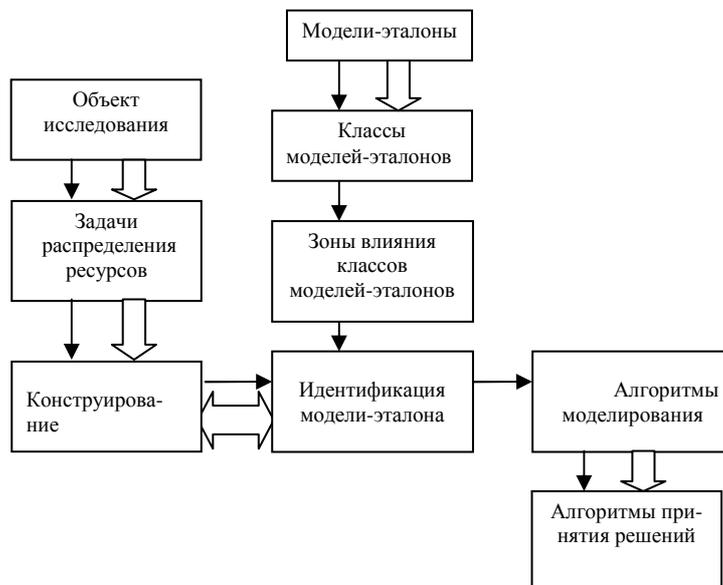


Рис. 2. Функциональная схема управления распределением ресурсов на основе моделей-эталонов

В рамках концепции построения интеллектуальной системы распределения ресурсов на базе моделей-эталонов рассматривается задача распознавания класса эталона по параметрам ресурсной задачи, а также задача оптимизации структуры модели-эталона [5].

Задача распознавания класса эталона позволяет для заданного банка эталонов $\{z_j | j=1, \dots, N\}$, где z_j – вектор, описывающий j -й эталон и сформированного вектора-признака $O_i \in \{\pi_1^i, \dots, \pi_n^i\}$ определить класс эталона X_ξ , в зону влияния которого попадает вектор $O_i \in \{\pi_1^i, \pi_2^i, \dots, \pi_j^i, \dots, \pi_n^i\}$, классифицирующий задачу распределения ресурсов [3].

4. СИНТЕЗ МОДЕЛИ-ЭТАЛОНА В ВИДЕ КОНЕЧНОГО АВТОМАТА

Синтез модели-эталона по заданной исходной постановке ресурсной задачи и входной информации осуществляется в виде дискретного конечного автомата (ДКА), который имеет следующий вид:

$$A = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F),$$

где A – имя ДКА; Q – множество состояний; Σ – множество входных символов; δ – функция переходов; q_0 – начальное состояние; F – множество допускающих состояний.

Структура модели-эталона может быть описана следующим образом:

Simmath A(
 <начальное состояние>,
 <список состояний>,
 <список переходов>,
 <конечное состояние>,
);

Синтезированные по эталону алгоритмы, как правило, сохраняются в виде рабочих компьютерных программ, кроме того, хорошо зарекомендовавшие себя алгоритмы тиражируются и используются в автономном режиме. На рис. 3 показан фрагмент диаграммы переходов для задачи ЛП/ЛП для трех критериев качества К1, К2 и К3.

На рис. 3 использованы следующие условные обозначения: И1, И2 – блоки модели-эталона для реализации ввода и обработки данных соответственно; А1 – блок модели-эталона для адаптации: введения параметров и структуры ресурсной задачи; В – блок модели-эталона для обеспечения логических переходов в структурной схеме алгоритма распределения ресурсов; С – конечное состояние ДКА.

Петли на рис. 3 для вершин И1, И2 показывают, что соответствующие модификации про-

граммных блоков могут быть использованы для генерации алгоритмов обработки данных несколько раз, пока не будет достигнуто конечное состояние по оптимальному значению одного из критериев К1, К2, К3. Если конечное состояние не достигнуто за фиксированное время, то выполняется возврат к блоку В для продолжения генерации новых алгоритмов распределения ресурсов по соответствующему логическому переходу.

5. ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕСУРСОВ

Схема поддержки принятия решений при управлении распределением ресурсов на основе моделей-эталонов приведена на рис. 4, где показаны значения μ целевой функции на разных этапах реализации алгоритма. На рис. 4 введены следующие обозначения: μ_0 – получено при интуитивном распределении ресурсов; μ_Σ – получено с учетом решений задач нижних уровней; μ'_0 – получено после анализа решения на качество; $\mu_{\text{мод}}$ – получено после моделирования параметров ресурсной задачи; $\mu_{\text{эт}}$ – получено после применения моделей-эталонов; μ'_Σ – получено с учетом решения задач всех уровней системы на основе моделей-эталонов.

6. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АЛГОРИТМОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ РЕСУРСОВ

Оценка качества принятия решений по ресурсной задаче в системе моделей-эталонов строится на основе следующих элементов:

а) *оценка верхним уровнем* (уровнями) качества методов (алгоритмов) принятия решений нижними уровнями (коэффициент k_1);

б) *оценка нижними уровнями* качества методов принятия решений верхним уровнем (коэффициент k_2);

в) *комплексная оценка качества* метода принятия решений на основе k_1 и k_2 , построение $k_{\text{интегр.}} = f(k_1, k_2)$, где $k_{\text{интегр.}}$ – интегральный коэффициент качества, который принимает значения $0 \leq k_{\text{интегр.}} \leq 1$ (чем ближе коэффициент к единице, тем лучше алгоритм).

Наряду с оценкой качества принятия решений по распределению ресурсов проводится оценка верхним и нижними уровнями используемой информации по следующим характеристикам: достоверность (корректность), объективность, однозначность, полнота, релевантность, актуальность (значимость).

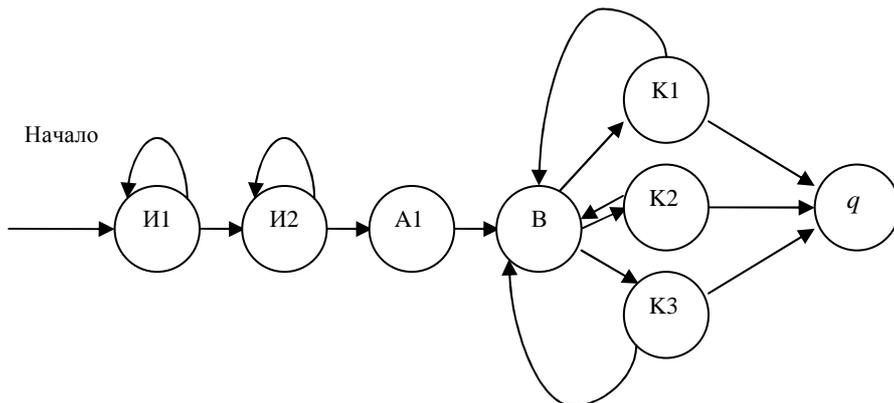


Рис. 3. Фрагмент диаграммы переходов для задачи ЛП/ЛП

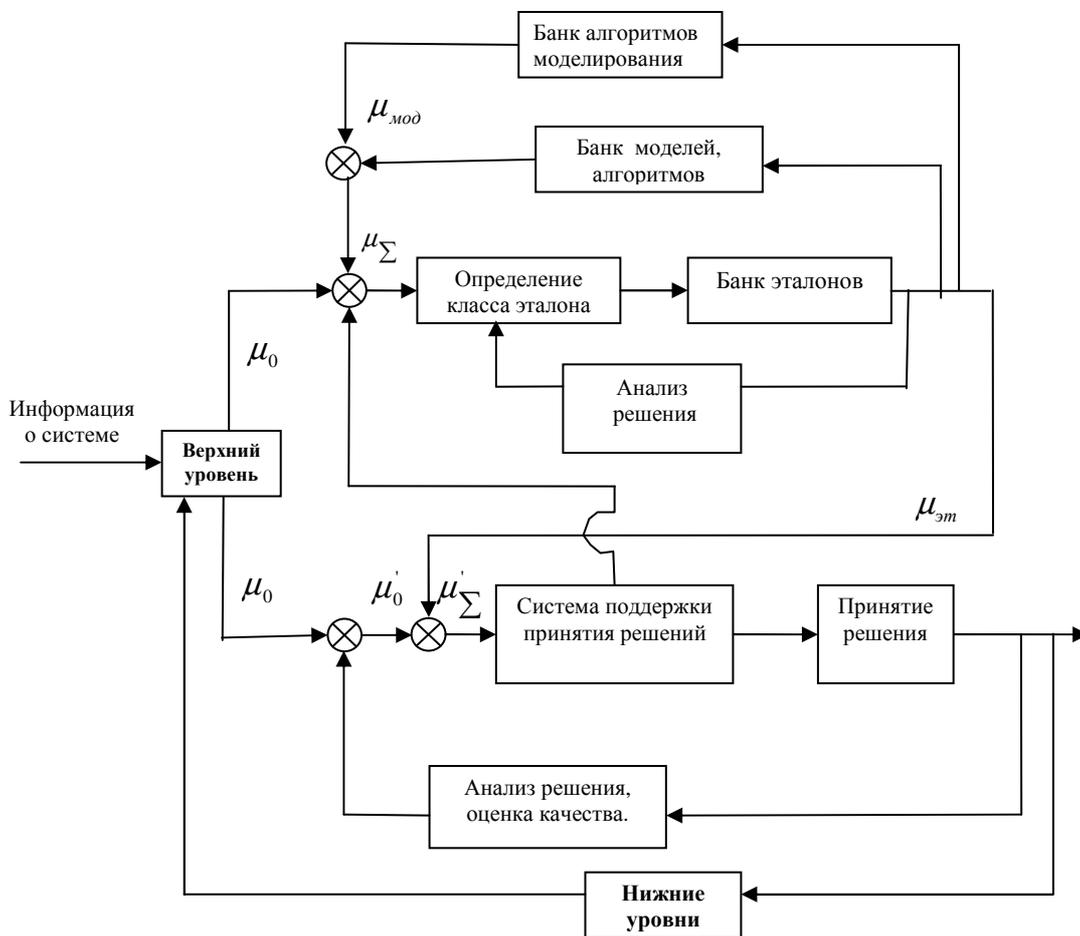


Рис. 4. Схема поддержки принятия решений при управлении распределением ресурсов на основе моделей-эталонов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение изложенной методики в иерархических системах позволяет сократить время на принятие согласованных решений по распределению ресурсов вследствие:

- определения перечня и оценки качества факторов, влияющих на процесс распределения дефицитных ресурсов в зависимости от стратегии согласования;
- обеспечения возможности выбора алгоритмов принятия согласованных решений и оценки их эффективности на основе имитационного эксперимента;
- наличия библиотеки моделей-эталонов и сценариев принятия решений в зависимости от классов задач и параметров задачи распределения ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бабкова Е. В.** Моделирование социальных и эколого-экономических систем: учебное пособие / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: УГАТУ, 2006. 135 с.
2. **Бабкова Е. В.** О классификации информационных моделей сложных систем // Принятие решений в условиях неопределенности: Межвуз. науч. сб. Вып. 3. Уфа: УГАТУ, 2006. С. 224–231.
3. **Бабкова Е. В.** Поддержка принятия решений при управлении распределением ресурсов в сложных системах на основе моделей-эталонов. М.: МАИ, 2006. 127 с.
4. **Бабкова Е. В., Филиппов А. В.** Моделирование пропорций распределения ресурсов в двухуровневой системе: Свид. об офиц. регистр. программы для ЭВМ № 2003611768. Выдано РОСПАТЕНТ 24 июля 2003 г.
5. Поддержка коммуникативных процессов при выполнении проектов фундаментальных исследований сложных систем / Н. И. Юсупова [и др.] // Вестник УГАТУ. 2008. Т. 11, № 1(28). С. 108–114.
6. **Babkova E. V.** Acceptance of Solutions Method for Resource's Tasks by Reference Models // Proc. of the Workshop on Computer Science and Information Technologies (CSIT'2006). Karlsruhe, Germany. 2006. V. 2. Ufa State Aviation Technical University. 2006. V. 2. P. 235–239.

ОБ АВТОРАХ



Юсупова Нафиса Исламовна, проф., зав. каф. выч. мат. и киб., декан ФИРТ. Дипл. радиофизик (Воронежск. гос. ун-т, 1975). Д-р техн. наук по упр-ю в техн. сист. (УГАТУ, 1998). Иссл. в обл. критич. сит. упр-я, информатики.



Бабкова Елена Васильевна, доц. той же каф. Дипл. инженер-экономист по АСУ (УАИ, 1972). Канд. техн. наук (УГАТУ, 1990). Иссл. в обл. упр-я и моделир-я в сложн. орг.-техн. системах.