

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ СИТУАЦИОННОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ

Ху Вен-Цен

Южно-Казахстанский государственный университет
им. М. Ауезова, Республика Казахстан, г. Шымкент

Рецензент Н.П. Пучков

Ключевые слова и фразы: декомпозиция задач управления; декомпозиционное управление; децентрализованное управление; децентрализованные системы управления; иерархическое управление; ситуационное управление.

Аннотация: Предложен метод декомпозиции для сложных многомерных задач управления, основанный на учете ситуаций в момент принятия управляющих решений. В отличие от известных методов декомпозиции, данный метод не предъявляет особых требований к структуре задачи управления. Метод предполагает сведение исходной задачи управления к модифицированной задаче, учитывающей ситуации, и задаче идентификации ситуаций, решаемые совместно на двух уровнях.

a_j, b_{ks}, d – вспомогательные переменные в качестве индикаторов;
 i – номер ситуации;
 g, h – векторные функции в модели объекта и ограничениях;
 k – номер типовой ситуации;
 F – целевая функция;
 \underline{D} – множество переменных модифицированной задачи управления;
 \underline{D}_i – множество переменных, учитываемых в i -ой ситуации;
 F_i, g_i, h_i – модифицированные функции F, g, h ;
 N – число возможных ситуаций;

p_s – s -ый признак ситуации;
 P_k – множество отличительных признаков k -ой типовой ситуации;
 x, u, y – векторы входов, управлений и выходов объекта управления;
 $0 \ 0 \ 0$
 x, u, y – значения переменных x, u, y , определяющие ситуацию в момент принятия решения;
 x_i, u_i, y_i – модифицированные векторы x, u, y ;
 U – множество допустимых управлений;
 U_i – модифицированное множество U , заданное с учетом g_i, h_i .

Оптимальное управление сложными объектами часто предполагает использование методов декомпозиции, позволяющих свести исходную задачу управления к совокупности более простых задач, решаемых совместно на двух уровнях. Ниже будут рассмотрены некоторые аспекты реализации предлагаемого метода ситуационной декомпозиции [1].

Ху Вен-Цен – кандидат технических наук, доцент кафедры «Вычислительная техника и программное обеспечение» ЮКГУ им. М. Ауезова, Республика Казахстан, г. Шымкент.

В отличие от известных методов декомпозиции [2], предлагаемый метод не предъявляет особых требований к структуре задачи управления, в связи с чем может иметь более широкую область применения. Задача управления в данном случае формулируется в виде:

$$F(x, u, y) \rightarrow \max_{u \in U}; \quad (1)$$

$$U = \{u : g(x, u, y) = 0; h(x, u, y) \geq 0\}.$$

Данная задача сводится к совокупности модифицированных задач, учитывающих ситуацию принятия решений:

$$F_i(x_i, u_i, y_i) \rightarrow \max_{u_i \in U_i \subset U};$$

$$U_i = \left\{ u_i : \begin{array}{l} g_i(x_i, u_i, y_i) = 0 \\ h_i(x_i, u_i, y_i) \geq 0 \end{array} \right\}; \quad (2)$$

$$\bigcup U_i = U;$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$

и задаче идентификации ситуаций, в качестве задачи координации, вида:

$$\begin{array}{c} 0 \ 0 \ 0 \ R \ \text{---} \\ (x, u, y) : \rightarrow i, D_i. \end{array} \quad (3)$$

Преобразование задачи (1) в совокупность задач (2) осуществляется с целью ее упрощения, за счет исключения переменных, незначимых в учитываемых ситуациях.

Основную проблему реализации рассматриваемого метода представляет построение оператора R отображения вектора (x, u, y) в пару i, D_i для идентификации текущих ситуаций. Задание его в аналитическом виде, в частности, в виде функции $R(x, u, y)$, как правило, не представляется возможным, поскольку сложно выявить закономерности, связывающие непрерывно изменяющиеся значения переменных задачи с дискретными значениями номеров ситуаций. Поэтому основным способом задания R становится селективный отбор признаков ситуаций.

Другая проблема состоит в выделении множества значимых переменных D_i , подлежащих учету в модифицированной задаче (2) для каждой ситуации i . Она предполагает оценку чувствительности выходных переменных y_i на допустимые в i -ой ситуации изменения управляющих переменных u_i при заданном значении x_i , либо решение дополнительной задачи идентификации модели объекта управления с определением оптимальной структуры модели.

Выработка управляющих решений чаще всего связана с возникновением возмущающих воздействий. В связи с этим оценка ситуаций может осуществляться по значениям переменной x .

Их возможное число N в общем случае достаточно велико, и определяется числом возможных сочетаний компонент вектора x , а также числом возможных дискретных значений для каждой компоненты x_i . Так, если

размерность вектора x равна n , а число возможных дискретных значений для каждой компоненты равно m , то количество ситуаций, подлежащих учету, будет определяться соотношением

$$N = \sum_{i=1}^n i m \frac{n!}{i!(n-i)!}. \quad (4)$$

Идентификация такого числа возможных ситуаций превращается в трудноразрешимую проблему, осложняющую практическое применение рассматриваемого метода. В связи с этим предлагается учитывать не все возможные ситуации, а только типовые, которых существенно меньше. При этом возникающие текущие ситуации можно соотносить с типовыми и при определенных условиях приравнивать к конкретным типовым ситуациям. Типовые ситуации характеризуются тем, что в них эффективна только определенная часть компонент вектора управлений u , которые учитываются как переменные, тогда как остальные считаются заданными константами, что позволяет упростить задачу (2).

Качество управления может быть повышено за счет одновременного учета двух и более типовых ситуаций, когда текущая ситуация не может быть однозначно отнесена к одной из типовых ситуаций. На этот случай должен быть предусмотрен механизм выявления общих переменных для пересекающихся ситуаций, определяющих состав переменных модифицированной задачи.

Обозначим через D – множество ситуаций, учитываемых в задаче (2), каждой из которых соответствует свой состав эффективных переменных. Предположим, что множество D допускает разбиение на L подмножеств D_k , $k = 1, 2, \dots, L$, соответствующих типовым ситуациям. Для всех текущих ситуаций существует возможность оценки на принадлежность к определенному множеству D_k , $k = 1, 2, \dots, L$, и замена задачи (2) на эквивалентную – для типовой ситуации D_k .

Разбиение множества D на подмножества D_k , $k = 1, 2, \dots, L$ может быть осуществлено на основе формирования системы отличительных признаков типовых ситуаций. В наиболее простом случае выделяемые типовые ситуации не будут иметь пересечений, т.е.

$$D_k \cap D_j = \emptyset, k = 1, 2, \dots, L; j = 1, 2, \dots, L; k \neq j. \quad (5)$$

Это означает, что в процессе управления будут иметь место только типовые ситуации в чистом виде. Однако такое разграничение представляет скорее исключение, чем правило. В более общем случае условие (5) не выполняется, то есть типовые ситуации могут пересекаться по отдельным признакам. Тогда в задаче (2) должны быть учтены все типовые ситуации, по которым имеет место пересечение.

Задача координации для наиболее общего случая может быть сформулирована как задача определения отличительных признаков текущей

ситуации, принадлежащих различным типовым ситуациям, с последующим объединением пересекающихся ситуаций:

$$\begin{aligned} d = 0; a_j = 0, j = 1, 2, \dots, L; \\ \exists k = 1, 2, \dots, L; p_s \in P_k, s = 1, 2, \dots, S \Rightarrow d = 1; b_{ks} = 1; a_k = 1; \\ \bigcup \bar{D}_j = \bar{D}, j = 1, 2, \dots, L. \end{aligned} \quad (6)$$

При отсутствии признаков пересечения ситуаций, задача сводится к последовательному перебору систем признаков типовых ситуаций P_k с целью отыскания системы, полностью совпадающей с признаками текущей ситуации

$$d = 1 \Rightarrow \sum_{s=1}^S b_{ks} \rightarrow \max_k, k = 1, 2, \dots, L; \bar{D} = D_{k^*}. \quad (7)$$

Решением задачи (7) является $k = k^*$, для которого сумма значимых признаков типовой ситуации $\sum_{s=1}^S b_{ks}$ – максимальна. Соответственно, множество учитываемых переменных модифицированной задачи управления – есть D_{k^*} .

Задачу (2) в этом случае можно представить в виде:

$$\begin{aligned} F_i(x_i, u_k, y_i) \rightarrow \max_{u_k \in U_k}; \\ U_k = \left\{ u_k : \begin{aligned} g_k(x_i, u_k, y_i) = 0 \\ h_k(x_i, u_k, y_i) \geq 0 \end{aligned} \right\}; \\ \bigcup U_k = U; \\ i = 1, 2, \dots, N; \\ k \in \{1, 2, \dots, L\}. \end{aligned} \quad (8)$$

Рассмотренный принцип управления представляется весьма перспективным, так как приближен к принципам естественного управления, реализуемого человеком. Он способствует повышению уровня интеллекта систем управления, приданию им более высокой гибкости и увеличению числа степеней свободы в принятии решений.

Список литературы

1. Ху Вен-Цен. Децентрализованное управление многомерными объектами с декомпозицией по ситуациям / Ху Вен-Цен, У. Умбетов // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. – Серия физико-математическая. – 2007. – №1. – С. 82–85.
2. Ху Вен-Цен. Об одном алгоритме декомпозиции в задачах оптимизации химико-технологических систем / Ху Вен-Цен, В.М. Володин // ТОХТ АН СССР. – 1978. – Т. XII, №6. – С. 889–895.

Optimum Control on the Basis of Situational Decomposition

Khu Ven-Tsen

*South-Kazakhstan State University named after. M. Auezov,
the Republic of Kazakhstan, Shymkent*

Key words and phrases: decomposition of management tasks; decomposition management; decentralized management; decentralized control systems; hierarchical management; situational management.

Abstract: The method of decomposition for complex multivariate management tasks based on the account of situations in the course of decision-making is offered. Unlike known methods of decomposition, it does not demand special requirements to the structure of management task. According to the suggested method the initial management task is solved simultaneously at two levels: it is reduced to the modified task with regard for the situations, and the task of identification of the situations.

© Ху Вен-Цен, 2008