

УДК 658.512

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Балтовский А.А., к.т.н., доц.

Одесский государственный университет внутренних дел

65014 г. Одесса, ул. Успенская, 1

E-mail: Aleks_Bal@rambler.ru

Розглядається питання вибору структури багаторівневої системи управління, тобто визначення оптимального складу і взаємозв'язків елементів системи.

Ключові слова: структура управління, система управління, керованість, ієрархічна система.

The question of choice of the multilevel control system's structure choice is examined, that is, a determination of the optimal composition and system elements' correlation.

Key words: controls' structure, control system, controllability, hierarchical system.

Введение. В связи с переходом на экономические методы управления народным хозяйством намечен новый перспективный этап комплексной автоматизации производства на основе создания и использования адаптивных автоматизированных систем управления производством (ААСУП), в которых реализуются основные направления технического прогресса в промышленности: интеграция проектирования и изготовления объектов производства; управление производственными системами; совершенствование организации производства и его технологической подготовки.

Одним из основных этапов создания ААСУП является выбор оптимальной структуры создаваемой системы. Под оптимальной здесь понимается иерархическая структура, обеспечивающая высшую оперативность решения задачи оптимального управления производством.

Синтез структуры системы управления является первоначальным, очень сложным и ответственным этапом. В настоящее время он выполняется на основе эвристических правил и последующей доводки и требует огромных затрат. В этой связи возникает проблема разработки формализованного автоматизированного синтеза структуры системы управления, которая решалась нами в соответствии с государственными научно-техническими программами, сформированными в Законах Украины «О научно-производственной деятельности», из чего и вытекает актуальность данной работы.

Анализ литературных источников. Из проведенного нами анализа литературных источников [1–3] установлено, что традиционный метод формирования структуры иерархической системы управления производством состоит в исчерпывающем задании элементов, входящих в проектируемую систему, и всех связей между элементами. Из этого следует необходимость учета в ААСУП собственной структуры каждого элемента, входящего в формализуемый объект, и отыскания средств её формализованного представления.

Цель работы. Разработка алгоритмов решения

задачи автоматизированного синтеза структуры иерархической системы управления производством.

Материал и результаты исследований. В качестве объекта исследования нами принят процесс синтеза структуры управления. В качестве предмета исследования – аппарат теории множеств, аппарат теории графов. Для решения поставленной задачи использовали методы теории системного анализа и синтеза оптимизации организованных структур. Научная новизна работы состоит в разработке алгоритмов автоматизированного синтеза структуры управления производством. Решение поставленной задачи базируется на оперативно-декомпозиционном подходе.

Каждая подсистема многоуровневой системы управления характеризуется определенным набором входных и выходных переменных и оператором преобразования входных переменных в выходные. Поэтому любую подсистему можно представить [1] в виде следующего упорядоченного множества:

$$S = \langle T, X, Y, F, R, W, G, Z, L \rangle, \quad (1)$$

где T — множество моментов времени, в которых наблюдается система; X — множество входных управляемых сигналов; Y — множество выходных сигналов; F — множество возмущающих сигналов; R — множество информационно-управляющих сигналов; W — множество информационных сигналов; G — множество сигнал-операторов управления; Z — множество состояний системы; L — оператор переходов, описывающий механизм формирования выходных сигналов; H — оператор переходов, отражающий механизм изменения системы; Φ — функционал показателей качества системы.

Обозначим подсистему [2] как S_{ij} , где $i = \overline{1, n}$ — номер уровня, а $j = \overline{1, m}$ — номер подсистемы в i -ом уровне, n — число уровней в системе, m_i — число подсистем на i -ом уровне. Тогда можно за-

писать, что

$$X_{ij} = C_{ij}Y_{i-1,1} ; W_{ij} = D_{ij}Y_{i+1,1} ; R_{ij} = B_{ij}Y_{i,1} ,$$

где C_{ij} — оператор управляющих связей; D_{ij} — оператор информационных связей; R_{ij} — оператор информационно - управляющих связей.

Наряду с частными показателями эффективности отдельных систем, существуют показатели всей системы, которые количественно оценивают степень достижения цели.

В общем случае система оценивается по векторному показателю

$$\Phi = \{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_q\}.$$

Эти показатели могут использоваться для синтеза структуры сложной системы.

Основу синтеза структуры составляет агрегативно-декомпозиционный подход, который включает два этапа:

— последовательную декомпозицию выполняемых системой целей, функций, задач;

— агрегирование (объединение) элементов на соответствующем уровне детализации для генерирования вариантов построения системы на основе выбранных критериев эффективности.

Декомпозиция системы может быть осуществлена согласно разбиения цели управления. На основе того, что цель управления может быть достигнута после решения целого комплекса задач, можно расчленив систему на функционально законченные части, соответствующие вполне определенным задачам, в результате чего строится иерархия задач управления.

Проведя декомпозицию глобальной задачи, исходя из физического числа задачи и сложившихся традиций проектирования данного типа систем, получим иерархию задач управления. Формально каждая подзадача решается отдельной подсистемой.

Иерархическую систему управления производством можно представить в виде графа:

$$G(S, E), \quad (2)$$

где S — множество вершин, представляющих собой подзадачи управления глобальной задачи; E — множество дуг, характеризующих связи между задачами.

Введем показатели эффективности всей системы: норма управляемости U ; функция сложности решения глобальной задачи K .

Для решения задачи выбора оптимальной структуры иерархии сложной системы и формализации выбора числа уровней предположим, что G_1 — структура с максимально возможным числом подзадач управления (вершин графа G_1), которая имеет иерархическую структуру. Определим пре-

образование графа G_1 в граф G_2 как агрегирование задач управления, находящихся на одной горизонтали и подчиненных одной подсистеме. Также осуществляется преобразование $G_2 \rightarrow G_3$ и т. д. Получаем $\Gamma(G)$ — множество вариантов структуры графа G .

Задача выбора оптимального варианта структуры G_{opt} состоит в нахождении такой структуры G , которая обеспечивает оптимум показателей U и K , т.е. ставится многокритериальная задача определения структуры иерархической системы, обеспечивающей

$$opt\Phi(G), \text{ где } \Phi = \{U, K\}.$$

Результатом решения задачи является структура системы, имеющая оптимальное число уровней иерархии.

Представим иерархическую систему (1) как систему, состоящую из n — уровней [2]

$$U_i = (X_i, Z_i, \Omega_i, \{\Phi_{ij}\}, \{\Psi_{ij}\}), \quad (3)$$

$$i = 1, 2, \dots, n ; 1 \leq j \leq n$$

где X_i — множество состояний i -го уровня; Z_i — множество возможных управлений i -м уровнем; Ω_i — множество внешних воздействий на i -й уровень; $\Phi_{ij}(x)$ — множество состояний j -го уровня, отвечающих i - ому уровню, находящемуся в состоянии $x \in X_i$; $\Psi_{ij}(x)$ — множество допустимых управлений на j -ом уровне, определяемым состоянием x уровня U_i .

Отображения Φ_i и Ψ_i определяют приоритетность уровней (3). Действительно, при определении значения $\Phi_i(x)$ прежде всего учитываются элементы множества $\Phi_{1i}(x_1)$, затем $\Phi_{2i}(x_2)$ и т.д. до $\Phi_{ni}(x_n)$. Сохраняя принятую индексацию, мы будем считать, что уровень U_k является вышестоящим по отношению к U'_k , если $k < k'$ ($U_k > U_{k'}$). Следовательно, можно говорить об упорядоченном множестве уровней (3) системы U . $U_1 > U_2 > \dots > U_n$, взаимосвязь которых как сверху вниз, так и снизу вверх характеризуется функциями Φ_{ij} и Ψ_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) и не ограничивается при этом взаимодействиями между соседними уровнями.

Состояние x системы U будем называть идеальным (или решением системы), если x является неподвижной точкой многозначного отображения Φ , т.е. $x \in \Phi(x)$. Если множество неподвижных точек отображения Φ не пусто ($F_{ix}\Phi \neq 0$), то система U называется разрешимой.

Иерархическая система потенциально управ-

ляема в состоянии x , когда существуют такие уравнения $z \in \psi(x)$, что $z(x) \in \phi(z(x))$, и полностью управляема в состоянии x , если $\forall \omega \in \Omega \exists z \in \psi(x)$, то $z(\omega(x))$ – неподвижная точка отображения ϕ .

В общем случае под управлением иерархической системы можно понимать конечную последовательность управлений z_1, z_2, \dots, z_p , которая переводит состояние x системы в состояние x_p , так что

$$z_1(x) = x_1, z_1(x_{1-1}) = x_1,$$

где $(\mathbf{1} = 2, 3, \dots, p)$.

Тогда множеством управлений системы является множество конечных последовательностей Z^* над Z . Если ввести в рассмотрение функцию

$$f : Z \rightarrow R$$

множества Z во множество действительных чисел, то можно говорить, например, о «стоимости» управлений и решать задачу об оптимальном управлении в иерархических системах.

Для разрешимости системы U необходимо, чтобы $F_{ix} \phi_{11} \neq 0$. Действительно, если $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – неподвижная точка отображения ϕ , то $x_1 \in \phi(x)$. В силу определения ϕ_1 :

$$\phi_1(x) \cap \phi_{11}(x_1) \neq 0 \text{ и } \phi_1(x) \subseteq \phi_{11}(x_1),$$

следовательно, $x_1 \in \phi_{11}(x_1)$.

Пусть X_1, X_2, \dots, X_n являются непустыми компактными выпуклыми множествами в банаховых пространствах x_1, x_2, \dots, x_n . Тогда для того, чтобы иерархическая система (1) была разрешимой, достаточно, чтобы отображение $\phi_{ki} (1 \leq i, k \leq n)$ были замкнутыми и выпуклыми.

В силу определения отображения

$\phi_j (j = 1, 2, \dots, n)$ для всех $x \in X$ $\phi_j(x)$ несвободно и для каждого

$$\exists k : \phi_j(x) = \bigcap_{i=1}^k \phi_{ij}(x),$$

поэтому $\phi_j(x)$ является замкнутым и выпуклым как непустое пересечение выпуклых множеств. Тогда отображение $\phi = \bigcap_{i=1}^n \phi_j$ будет удовлетворять условиям замкнутости и компактности. И по теореме Какутани о неподвижных точках имеем $F_{ix} \phi \neq 0$.

Выводы. Предложены новые показатели эффективности системы управления производством, в качестве которых приняты норма управляемости U и функция сложности решения глобальной задачи K .

Разработанные алгоритмы автоматизированного синтеза структуры иерархической системы управления производством обеспечивают снижение временных и денежных затрат, способствуют скорейшему переходу к внедрению системы на конкретном производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов А.А., Галютин В.Б. Формирование структуры сложной системы управления // Теоретические и прикладные проблемы создания систем управления технологическими процессами : Тез. Докл. Всесоюз. научно-техн. совещания. – Челябинск: ЧГУ, 1990. – С. 3–17.
2. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978. – 311 с.
3. Попцов С.Л. Иерархические системы: подход к описанию структуры и свойств // Математические методы оптимизации и структурировании систем: Межвуз. темат. сб. - Калинин: КГУ, 1980. – С. 35–70.

Стаття надійшла 07.11.2008 р.
Рекомендовано до друку к.т.н., доц.
Гладирем А.І.