

УДК 621.396

С.О.Сорокин

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СЕТЕВЫХ СИСТЕМ С КЛАСТЕРНОЙ СТРУКТУРОЙ

Министерство образования и науки Российской Федерации

Дана характеристика класса сетевых систем с кластерной структурой и эффективности их функционирования. Предложена структура задач комплексного исследования проблем формирования эффективных сетевых систем с применением методов математического моделирования и численной оптимизации.

Ключевые слова: сетевая система, кластерная структуризация, эффективность, оптимизация.

Под сетевой системой с кластерной структурой (s) будем понимать совокупность однородных объектов O_i с нумерацией $v^0 - (i = \overline{1, I})$. Сгруппированные в $m = \overline{1, M}$ кластеров и объединенных в организационное целое для выполнения заданных целей и требований, определяемых единым управляющим центром. Разнообразие вариантов $s_l, l = \overline{1, L}$ кластерно-сетевого объединения объектов $O_i, (i = \overline{1, I})$ приводит к разной степени выполнения каждым вариантом системы заданных целей и требований. Выбор оптимального варианта x^* связан с учетом ряда проблем, характеризующих особенности формирования эффективной сетевой системы с кластерной структурой.

1. Топологическая проблема.

В каноническом виде топология сложной системы с сетевым характером связанности имеет вид, приведенный на рис.1.1. [1].

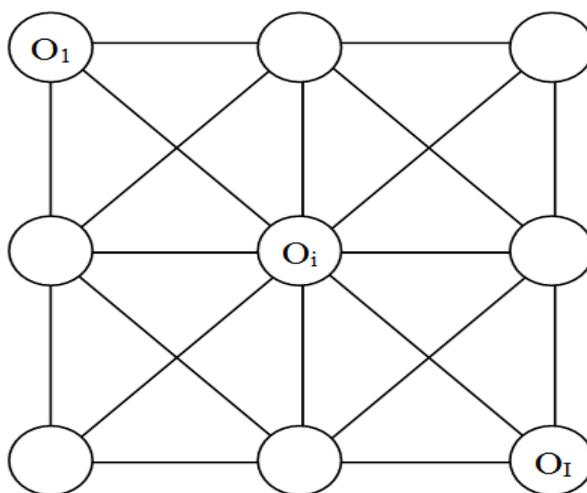


Рис.1.1. Топология системы с сетевым характером связанности

Однако топология системы S представляет собой комбинацию сетевого характера связанности между объектами и централистского с управляющим центром и учитывает кластерное упорядочение объектов (рис.1.2). При этом централистские связи считаются сильными (выделены жирной линией), а межобъектные – слабыми.

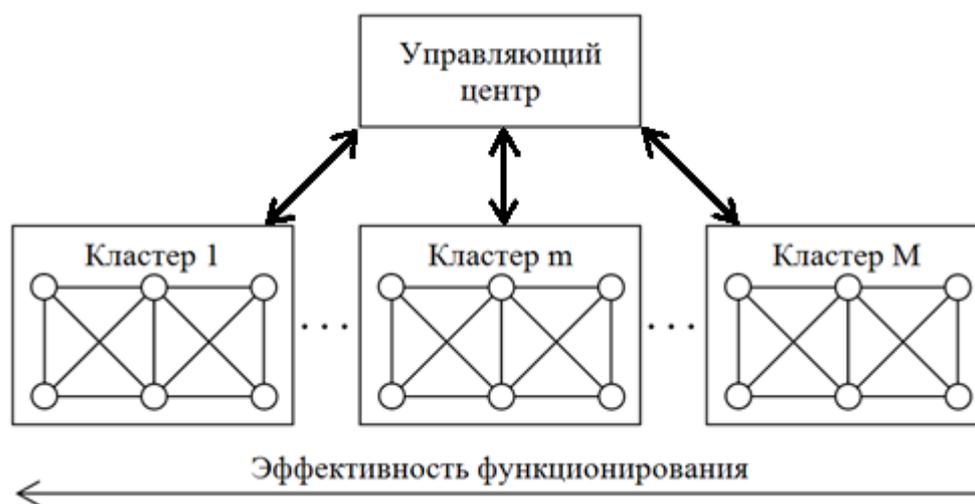


Рис.1.2. Топология сетевой системы с кластерной структурой

Степень выполнения заданных целей и требований каждым объектом $O_i, (i = \overline{1, I})$ характеризуется вектором показателей эффективности

$$y_i = (y_{i1}, \dots, y_{ij}, \dots, y_{ij}) \quad (1.1)$$

и оценивается управляющим центром в рамках информационно-мониторинговой среды сетевой системы. Кроме того уровень эффективности учитывается управляющим центром при распределении интегрального ресурса R .

Кластерное упорядочение объектов осуществляется таким образом, что функционирование объектов $(m - 1)$ -го кластера является более эффективным, чем m -го (на рис.1.2) показано возрастание эффективности функционирования от объектов-аутсайдеров кластера M к объектам-лидерам кластера 1. Процесс упорядочения объектов по уровню эффективности с дальнейшим их группированием в заданное число кластеров будем называть кластерной структуризацией системы.

С учетом рассмотренной характеристики исследуемого класса систем множество возможных их топологических вариантов

$S = \{s_l, l = \overline{1, L}\}$ определяется как отношение на декартовом произведении следующих подмножеств [23]:

$$S \subset O \times \delta^3 \times \delta^k \times \delta^R \times \delta^T, \quad (1.2)$$

где O – подмножество объектов $O_i, (i = \overline{1, I})$, объединяемых в систему;
 δ^3 – подмножество нумераций v^3 , характеризующее варианты преобразования нумерации v^0 при ранжировании объектов по уровню эффективности их функционирования;
 δ^k – подмножество нумераций $v_m^k, m = \overline{1, M}$, характеризующее варианты разделения нумерации v^3 на нумерации объектов в кластерах;
 δ^R – подмножество нумераций v^R , характеризующие варианты упорядочения объектов по величине ресурса, выделяемого управляющим центром;
 δ^T – подмножество нумераций v^T , характеризующие варианты трансформации множества v^3 при формировании эффективной сетевой системы с кластерной структурой.

2. Оценочные проблемы.

Оценка эффективности функционирования объекта O_i зависит от установления определенных требований y_{ij}^{gp} к каждому $y_{ij}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$ компоненту вектора (1.1). Упорядочение объектов возможно осуществить двумя путями:

- по степени выполнения требований $y_{ij}^{gp}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$;
- по значению интегральной оценки эффективности функционирования объекта $Y_i = F(y_{ij})$, где F – функция, позволяющая преобразовать векторную оценку y_i в скалярную величину Y_i .

Причем первый путь упорядочения зависит от выбора перечня компонентов y_{ij} по условиям представительности, полноты, чувствительности [1] и значений y_{ij}^{gp} , второй – от выбора функции F , что определяет разнообразие вариантов преобразования нумерации v^0 в нумерацию v^3 .

От использования либо векторной оценки эффективности функционирования объекта y_i , либо скалярной - Y_i зависит выбор разделяющей границы между $(m - 1)$ – м и m – м кластерами, нумераций v^k подмножества δ^k .

3. Трансформационные проблемы.

Формирование эффективной сетевой системы с кластерной структурой s^* зависит от разных способов реализации централизованной связности управляющего центра с объектами O_i (рис.1.2):

уменьшения числа объектов в кластерах за счет их поглощения объектами кластеров-лидеров, а, следовательно, редукции подмножества O и трансформации нумерации v^3 в нумерацию v^T ;

повышения эффективности функционирования объектов за счет выделения дополнительной составляющей ресурса R , что приводит к межкластерному перемещению объектов и трансформации нумерации v^3 в нумерацию v^k .

Соответственно использование первого способа характеризуется разной степенью структурной эффективности вариантов системы $s_l, l = \overline{1, L}$, второго – разной степенью ресурсоэффективности вариантов системы, комбинированной – разной степенью структурной и ресурсной эффективности.

Таким образом, каждая из перечисленных выше проблем влияет на разнообразие элементов подмножеств в соответствии с отношением (1.2), а, следовательно, и элементов $s_l, l = \overline{1, L}$ множества S . Комплексное исследование проблем формирования эффективной системы с кластерной структурой s^* предлагается выполнить путем решения следующих задач.

Задача 1. Математическое моделирование трансформации мониторинговой информации в интегральные оценки эффективности функционирования объекта. Решение этой задачи полностью определяет с одной стороны выбор варианта нумерации v^3 в упорядоченном подмножестве объектов, а с другой – выбор варианта нумерации $v_m^k, m = \overline{1, M}$ объектов в кластерах. Поэтому для решения задачи 1 требуется разработка метода многовариантного моделирования с ориентацией на требования кластерной структуризации сетевой системы.

Задача 2. Математическое моделирование кластерной структуризации объектов сетевой системы. В этом случае вариант группирования определяется с учетом оценочных проблем. Если разделение объектов на заданное число кластеров осуществляется на основе мониторинговой информации $y_{ij}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$, то приемлемыми являются методы статистического кластерного анализа, нейросетевого моделирования в многомерном пространстве. Если используется интегрированная оценка эффективности $Y_i, i = \overline{1, I}$, то выбор разделяющей границы проводится нормативным или экспертным путем. При наличии

альтернативных вариантов кластерной структуризации целесообразен поиск согласованного варианта.

Задача 3. Оптимизационное моделирование формирования эффективной сетевой системы с кластерной структурой. Она состоит в формализации целевых функций и ограничений на множестве альтернативных переменных, характеризующих оптимальный выбор варианта нумерации v^R и v^T [4].

Задача 4. Численная оптимизация структурной эффективности сетевой системы. Для ее решения требуется построение алгоритмической процедуры поиска наилучшего варианта редукции множества O . В ряде случаев требуется одновременный поиск оптимального варианта структурной и ресурсной эффективности.

Задача 5. Численная оптимизация ресурсоэффективности сетевой системы. Она связана с одной стороны с выбором объектов, для которых выделяется дополнительное ресурсное обеспечение, а с другой - распределением централизованного ресурса R между выбранными объектами.

Задачи 1-3 решаются с использованием методов математического моделирования, а задачи 4,5 – на основе численных методов структурно-параметрической оптимизации. Отдельная группа задач направлена на исследование сетевой системы в режиме вычислительного и натурального эксперимента с применением разработанного комплекса проблемно-ориентированных программ.

Перечисленные задачи объединены в единую структурную схему комплексного исследования проблем формирования эффективной сетевой системы с кластерной структурой, приведенную на рис.1.3.



Рис.1.3. Структурная схема комплексного исследования проблем формирования эффективной сетевой системы с кластерной структурой

ЛИТЕРАТУРА

1. Новосельцев В.И. Системный анализ: современные концепции. - Воронеж: Изд-во «Кварта», 2003. – 360 с.
2. Месарович М., Такахара И. Общая теория систем: математические основы – М.: мир, 1978. – 311 с.
3. Ершов Ю.П. Теория нумераций. – М.: Наука, 1977. – 416 с.
4. Каширина И.Л. Оптимизационное моделирование эффективности сетевой системы с кластерной структурой/ И.Л.Каширина, И.Я.Львович, С.О.Сорокин//Международный научный вестник. 2014, №2. С.40-43.

S.O.Sorokin

COMPLEX STUDY OF PROBLEMS OF BUILDING OF EFFECTIVE NETWORK SYSTEMS WITH CLUSTER STRUCTURE

Ministry of Education and Science of the Russian Federation

The characteristic of a class of network systems with the cluster structure and the efficiency of their functioning are given. The task structure of a complex study of problems of building of effective network systems with the application of methods of mathematical modeling and numerical optimization is proposed.

Keywords: network system, cluster structuring, efficiency, optimization.