

Bryuhovetsky A.A., Shevchenko V.I., Voronin D.Y., Tarasova A.V. Conceptual model support management decisions at critical infrastructural cooperation under conditions of uncertainty

A conceptual model to describe the process of management decision support at the critical infrastructure cooperation in the face of uncertainty is considered. The main aspects of the concept, aimed at creating a single universal medium integrated information technology management, distributed applications, resources and computing equipment within the network projects.

The example illustrating conceptual model is given.

Key words: critical infrastructure cooperation, decision support, network design, business-critical system, the IT support services, effective management.

УДК 62-50

Т.А. Грушун, доц., канд. техн. наук

А.И. Грушун, доц., канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Россия, 299053

E-mail: gai_gta@mail.ru

СТРУКТУРНО-ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Предложен метод структурно-топологической декомпозиции сложных систем управления, структура которых задана в виде графа, и основанный на использовании матрицы смежности вершин графа. Метод позволяет уменьшить временные затраты, трудоемкость процесса декомпозиции. Приведены результаты решения задачи.

Ключевые слова: сложная система управления, ориентированный граф, топологическая декомпозиция, сильные связи, матрица смежности вершин графа, матричный метод декомпозиции.

Введение. Математическая модель сложной системы управления (ССУ) включает формальное представление ее топологии и систему уравнений, описывающих физическую природу динамических процессов. Топологическая составляющая модели требует значительных затрат времени квалифицированных экспертов предметной области по графическому описанию элементов топологии ССУ и связей между ними. В случае систем большой размерности численное интегрирование дифференциальных уравнений неэффективно вследствие значительных временных затрат. Структурные преобразования многосвязных ССУ, опирающиеся на аппарат структурных схем, являются весьма трудоемким процессом. Они требуют применения многочисленных рутинных промежуточных процедур объединения звеньев и установления их передаточных функций [1]. Поэтому актуальным является проведение редукции системы за счет формальной декомпозиции системы, основанной на принципе сильных связей. Это позволяет сосредоточить внимание на анализе существенных связей в системе и выделить структурные конфигурации элементов, решающих общую задачу, выделить местные и общие контуры управления и контроля, более обозримые и лучше поддающиеся исследованию. Эту задачу системного анализа можно решить с помощью математического аппарата теории графов [2].

Постановка задачи. Для наглядного графического представления структуры ССУ применяют модели в виде графов, например, вершинных, в которых элементам системы ставят в соответствие вершины графа, а связям между элементами – ребра или дуги графа.

Требуется произвести декомпозицию графовой модели ССУ. Под декомпозицией понимают выделение из графа отдельных сильно связанных подсистем, каждая из которых привязывается к определенной вершине и определяется как такое множество вершин, для которых существуют пути из любой вершины подсистемы в любую другую вершину этой же подсистемы. Такая декомпозиция будет называться структурно-топологической.

Традиционный метод декомпозиции графа основан на его множественном представлении [2]. При этом формируются достижимые и контрдостижимые множества для вершин графа и в результате их пересечения для одноименных вершин выделяют искомые подсистемы с сильными связями. Для систем большой размерности эта процедура требует больших затрат времени.

Цель статьи. Разработать метод структурно-топологической декомпозиции графа, основанный на использовании матрицы смежности вершин графа. Этот метод в дальнейшем будет называться матричным методом декомпозиции. Предлагаемый метод позволяет уменьшить временные затраты, трудоемкость процесса декомпозиции, что особенно важно при исследовании многосвязных ССУ. Анализ известных работ показал, что таким образом данная задача не решалась.

Матричный метод декомпозиции графа ССУ. Эффективной структурой, представляющей граф, служит матрица смежности вершин или булева матрица графа. Это квадратная матрица A порядка N , где N – количество вершин графа. Для неориентированного графа элемент a_{ij} равен 1, если i -ая и j -ая вершина – смежные, и равен 0 в противном случае. Для ориентированного графа элемент a_{ij} равен 1, если j -ая вершина достижима из i -ой вершины, и равен 0 в противном случае [2].

Пусть структура ССУ задана в виде ориентированного графа, содержащего N пронумерованных вершин. На основании его анализа составляется матрица A смежности вершин, $A \in R^{N \times N}$. Матрица A является матрицей непосредственных путей графа, имеющих длину равную единице. Под путем понимают последовательность ребер или дуг, которые могут быть проведены от одной вершины к другой. А количество дуг, входящих в путь, определяют длину пути. Так как в матрице A анализируются пути графа единичной длины, то ее формирование не является трудоемким процессом. Общее число транзитных путей от вершины i к вершине j можно определить в результате возведения матрицы A в степень k . Элемент a_{ij}^k матрицы A^k определяет количество всевозможных путей длиной k от вершины i к вершине j . Предлагаемый метод структурно-топологической декомпозиции графа основан на исследовании матрицы C , которая формируется по матрице A следующим образом:

$$C = A^1 + A^2 + A^3 + \dots + A^N = \sum_{k=1}^N A^k. \quad (1)$$

Матрица C наиболее полно отражает связность элементов ориентированного графа. Для неориентированных графов связность всех элементов в структуре соответствует выполнению следующего условия:

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_{ij} \geq N - 1.$$

Правая часть данного неравенства определяет необходимое минимальное число связей в структуре неориентированного графа, содержащего N вершин.

Элемент c_{ij} равен суммарному количеству всевозможных путей различной длины $k \in [1, N]$ от вершины i к вершине j . Таким образом, i -ая строка матрицы C отображает достижимое множество вершин для i -ой вершины:

$$c_{ij}, j = \overline{1, N} \cong R(i),$$

а j -ый столбец матрицы C отображает контрдостижимое множество для j -ой вершины:

$$c_{ij}, i = \overline{1, N} \cong Q(j).$$

Если элемент $c_{ii} = 0$, то никакая вершина не достижима никакими путями из i -ой вершины, и i -ая вершина не достижима никакими путями из любой другой вершины. Т.е. i -ая вершина - изолированная или автономная, не входящая ни в один контур, и ее относят к отдельной сильно связанной подсистеме. Изолированные вершины исключаются из дальнейшего рассмотрения вычеркиванием из матрицы C i -ой строки и i -го столбца.

Если ($c_{ij} \neq 0$) И ($c_{ji} \neq 0$), $i, j = \overline{1, N}$, то вершины i и j – взаимнодостижимые путями различной длины. Отсюда следует, что отдельную сильно связанную подсистему будет образовывать подграф, содержащий все взаимнодостижимые вершины на текущем шаге. Вычеркиваются из матрицы C строки и столбцы с номерами, соответствующими номерам вершин, вошедших во вновь образованную сильно связанную подсистему. Указанные действия итеративно повторяются до тех пор, пока не будут проанализированы все элементы матрицы C . В результате, все вершины исходного ориентированного графа будут сгруппированы в соответствующие сильно связанные подграфы или подсистемы.

Например, пусть в распределенной АСУ пункты обработки информации обмениваются данными так, как это изображено с помощью графа, представленного на рисунке 1. Возникла необходимость в сокращении числа этих пунктов, исходя только из структурных свойств анализируемой системы.

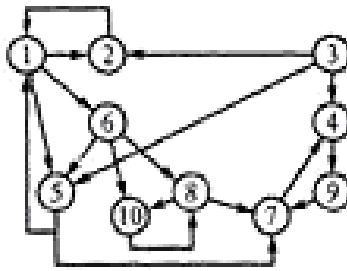


Рисунок 1- Исходный ориентированный граф АСУ

Решение поставленной задачи основано на исследовании матрицы C , которая вычисляется по формуле (1):

$$C = \begin{bmatrix} 143 & 88 & 0 & 128 & 143 & 88 & 214 & 138 & 75 & 138 \\ 88 & 55 & 0 & 75 & 88 & 55 & 128 & 83 & 43 & 83 \\ 110 & 67 & 0 & 93 & 109 & 66 & 156 & 100 & 54 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 3 & 0 & 4 & 0 \\ 88 & 55 & 0 & 78 & 88 & 55 & 132 & 83 & 46 & 83 \\ 55 & 33 & 0 & 61 & 55 & 33 & 96 & 60 & 39 & 60 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 3 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & 12 & 5 & 8 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 4 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 8 & 0 & 0 & 10 & 5 & 7 & 5 \end{bmatrix}.$$

В матрице C в первую очередь анализируются диагональные элементы: $c_{ii} \neq 0, i \in [1,10], i \neq 3, c_{33}=0$, значит 3-я вершина – изолированная и образует отдельную сильно связанную подсистему $G_1(V_1) = G_1(3)$. Поэтому из матрицы C вычеркивается 3-я строка и 3-ий столбец.

Элементы $c_{11} \neq 0, (c_{12} \neq 0) \wedge (c_{21} \neq 0), (c_{15} \neq 0) \wedge (c_{51} \neq 0), (c_{16} \neq 0) \wedge (c_{61} \neq 0)$, значит отдельную сильно связанную подсистему образуют вершины 1, 2, 5, 6: $G_2(V_2) = G_2(1,2,5,6)$. Из матрицы C вычеркиваются строки и столбцы, соответствующие номерам вершин, образовавших сильно связанную подсистему $G_2(V_2)$.

Элементы $c_{44} \neq 0, (c_{47} \neq 0) \wedge (c_{74} \neq 0), (c_{49} \neq 0) \wedge (c_{94} \neq 0)$, значит отдельную сильно связанную подсистему образуют вершины 4, 7, 9: $G_3(V_3) = G_3(4,7,9)$. Таким образом, из матрицы C вычеркиваются строки и столбцы, соответствующие номерам вершин, образовавших сильно связанную подсистему $G_3(V_3)$.

Элементы $c_{88} \neq 0, (c_{8,10} \neq 0) \wedge (c_{10,8} \neq 0)$, откуда следует, что отдельную сильно связанную подсистему образуют вершины 8, 10: $G_4(V_4) = G_4(8, 10)$.

Таким образом, проанализированы все элементы матрицы C . Полученные сильно связанные подграфы объединяются в соответствии с исходным графом, как показано на рисунке 2:

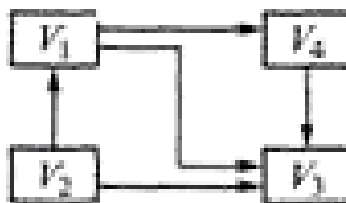


Рисунок 2 – Результат декомпозиции исходного графа

Вывод. Графы широко применяются при проектировании схем управления, исследовании автоматов и логических цепей, при системном анализе, автоматизированном управлении производством. Предлагаемый в статье метод структурно-топологической декомпозиции графовой модели ССУ основан на использовании матрицы смежности вершин графа и позволяет уменьшить временные затраты,

трудоемкость процесса решения задачи для систем большой размерности. Задачей дальнейшего исследования является разработка эффективного алгоритмического и программного обеспечения, реализующего предлагаемый матричный метод декомпозиции графа ССУ, и расширение глобального анализа графов.

Библиографический список использованной литературы

1. Казанцев В.П. Теория автоматического управления. Линейные системы управления: Учеб. пособие / В.П. Казанцев. – Пермь: Изд-во РИО ПГТУ, 2004. – 179 с.
2. Денисов А.А. Теория больших систем управления: Учебное пособие для вузов / А.А. Денисов, Д.Н. Колесников. – Л.: Энергоиздат, 1982. – 287 с.

Grushun T.A., Grushun A.I. Structural and Topological Decoupling of Count Models of Difficult Control Systems

The method of structural and topological decoupling of the difficult control systems offers the structure of that is set as a count, and based on the use of adjacency of tops of count matrix. A method allows to decrease temporal expenses, labour intensiveness of process of decoupling. Results over of decision of task are brought.

Keywords: difficult control system, oriented count, topological decoupling, closely-coupled interfaces, adjacency of tops of count matrix, matrix method of decoupling.

Грушун Т.А., Грушун А.І. Структурно-топологічна декомпозиція графських моделей складних систем управління

Запропоновано метод структурно-топологічної декомпозиції складних систем управління, структура яких задана у вигляді графа, і ґрунтований на використанні матриці суміжності вершин графа. Метод дозволяє зменшити тимчасові витрати, трудомісткість процесу декомпозиції. Приведені результати рішення задачі.

Ключові слова: складна система управління, орієнтований граф, топологічна декомпозиція, сильні зв'язки, матриця суміжності вершин графа, матричний метод декомпозиції.

УДК 004.4:519.87

И.А. Скатков, доц., канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская 33, г. Севастополь, Россия, 299053

E-mail: kvт.sevntu@gmail.com

Ю.В. Сосновский, доц., канд. техн. наук

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского

пр. Вернадского 4, г. Симферополь, Россия, 295000

МЕТОДОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПРОГРАММНОГО СТЕНДА ДЛЯ АНАЛИЗА ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ СЕТЕВЫХ ПРОЕКТОВ²

Описана функциональная структура, области применения, возможности, интерфейс программного стенда для анализа задач распределения ресурсов сетевых проектов. Приведен пример оптимизации сетевого графа работ при детерминированных и стохастических условиях. Указаны направления дальнейшей работы по совершенствованию программного продукта.

Ключевые слова: сетевой анализ на графах со случайными характеристиками, поддержка принятия решений, распределение ресурсов.

Процессы принятия управленческих решений сопряжены с необходимостью в режиме реального времени обеспечивать сбалансированное распределение доступных ресурсов в интересах различных систем, имеющих противоречивые целевые функции. Одним из эффективных подходов к разрешению формирующихся ресурсных противоречий является сетевой анализ проектов [1]. Однако большинство фундаментальных результатов в данной предметной области связаны с наличием полной информации о характеристиках проекта. Поэтому предложена программная реализации инструментария поддержки принятия решений.

Назначение программного стенда – проведение исследований, направленных на оптимальное распределение дополнительного ресурса по работам при сетевом планировании для детерминированных и стохастических условий. В последнем случае моделируется воздействие случайного фактора на длительность работы – к длительности работы прибавляется псевдослучайная величина,

² Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-41-01522).