

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВСЕРОССИЙСКАЯ ГРУППА ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ ИЕЕЕ
АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ООО «ОТКРЫТЫЕ РЕШЕНИЯ»
ОБЩЕСТВО «ЗНАНИЕ» РОССИИ
ПРИВОЛЖСКИЙ ДОМ ЗНАНИЙ

*XXII Международная
научно-техническая конференция*

**ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ
В ОБРАЗОВАНИИ, УПРАВЛЕНИИ,
ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ**

Сборник статей

Декабрь 2022 г.

Пенза

УДК 004
ББК 32.81я43+74.263.2+65.050.2я43
П781

П781 **ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ В ОБРАЗОВАНИИ,
УПРАВЛЕНИИ, ЭКОНОМИКЕ И ТЕХНИКЕ :**
сборник статей XXII Международной научно-технической
конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2022. – 356 с.

ISBN 978-5-8356-1800-2
ISSN 2311-0406

Под редакцией *В.И. Горбаченко*, доктора технических наук,
профессора;
В.В. Дрождина, кандидата технических наук,
профессора

Информация об опубликованных статьях предоставлена в систему Рос-
сийского индекса научного цитирования (РИНЦ) по договору
№ 573-03/2014К от 18.03.2014.

ISBN 978-5-8356-1800-2
ISSN 2311-0406

© Пензенский государственный
университет, 2022
© АННМО «Приволжский Дом знаний», 2022

*XXII International
scientific and technical conference*

**PROBLEMS OF INFORMATICS
IN EDUCATION, MANAGEMENT,
ECONOMICS AND TECHNICS**

December, 2022

Penza

Библиографический список

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / пер. с англ.; под ред. П.А. Чочиа. - М.: Техносфера, 2012. - 1104 с.
2. SatoshiSuzukiandothers. Topological structural analysis of digitized binary images by border following. ComputerVision, Graphics, andImageProcessing, 30(1):32–46, 1985.
3. Корепанов В.Д. Кулагин В.П. Автоматизация процесса анализа изображений компьютерной томографии // Информатизация образования и науки. - 2022. - № 2(54). - С. 142-153.

Корепанов В.Д.
Кулагин В.П.
Заботнев М.С.
МИРЭА – Российский
технологический университет,
г. Москва, Россия

Korepanov V.D.
Kulagin V.P.
Zabotnev M.S.
MIREA – Russian Technological
University,
Moscow, Russia

УДК 004.021

МЕТОД СИНТЕЗА СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР, ОСНОВАННЫЙ НА СВОЙСТВАХ ОГРАНИЧЕННО РАСТУЩЕЙ СТРОКИ

В. П. Кулагин, Н. Д. Муравьев

A METHOD FOR SYNTHESIZING NET MODELS OF COMPUTATIONAL STRUCTURES BASED ON THE PROPERTIES OF A RESTRICTED GROWTH STRING

V. P. Kulagin, N. D. Muraviev

Аннотация. В работе рассмотрены методы сокращения вычислительной сложности алгоритма синтеза вычислительных структур, выраженных сетями Петри. В основу метода синтеза положен тензорный анализ. Уменьшение сложности алгоритма основано на использовании свойств ограниченно растущей строки, которые положены в основу построения экспертных систем, ограничивающих число рассматриваемых вариантов программ синтеза. Это позволяет до начала процесса синтеза отсеять

неудовлетворяющие наперед заданным требованиям программы, что может существенно сократить число рассматриваемых вариантов.

Ключевые слова: сети Петри, тензорные методы, синтез вычислительных структур, вычислительные структуры, число Белла, ограниченно растущая строка, экспертные системы.

Abstract. The paper considers methods for reducing the computational complexity of the algorithm for the synthesis of computational structures expressed by Petri nets. The synthesis method is based on tensor analysis. Reducing the complexity of the algorithm is based on the use of the properties of a restricted growth string, which form the basis for the construction of expert systems that limit the number of considered variants of synthesis programs. This allows, before start of the synthesis process, to weed out programs that do not satisfy the predetermined requirements, which can significantly reduce the number of options considered.

Key words: petri nets, tensor methods, synthesis of computational structures, computational structures, Bell number, bounded growing string, expert systems

Введение

Сети Петри (СП) были предложены в 1962 году немецким математиком Карлом Петри и описаны в рамках диссертации “Взаимодействие с автоматами”. СП являются удобным математическим аппаратом для моделирования динамических дискретных систем [1].

В работах [3-5] был предложен метод синтеза вычислительных многопроцессорных структур на основе СП. Метод позволяет синтезировать новые вычислительные структуры исходя из исходной СП, моделирующей исследуемый объект. При этом показано, что задача синтеза новых структур относится к NP-полным задачам. Данная сложность алгоритмов синтеза требует разработки дополнительных методов, сокращающих число синтезируемых структур и делающих данный подход доступным для практического использования. В данной работе рассматривается метод сокращения числа синтезируемых вычислительных структур, основанный на использовании алгоритма ограниченно растущей строки.

1. Синтез сложных вычислительных структур

Синтез новых структур, выраженных в терминах СП, включает следующие этапы [3]:

разбиении исходной сети на линейно-базовые и линейно-циклические фрагменты (ЛБФ);

разбиение ЛБФ на элементарные фрагменты (построение примитивной системы);

построение тензора преобразования, преобразующего примитивную систему в систему ЛБФ;

генерация программ синтеза;

синтез вычислительных структур.

Основной операцией в процедуре синтеза является умножение тензора преобразования на программу синтеза (1).

$$D_{ЛБФ} = C \times D'_{ПС}, \quad (1)$$

где $D_{ЛБФ}$ - матрица, инцидентности, описывающая систему ЛБФ, C - тензор преобразования, $D'_{ПС}$ - матрица инцидентности, отображающая примитивную систему и учитывающая операции объединения вершин примитивной системы, задаваемые программой синтеза. Метод, основанный на использовании частного тензора преобразования [3], имеет несколько недостатков, а именно, матрица, представляющая тензор преобразования, не обрабатывается и не отражает имеющиеся петли в СП.

Для исключения данных недостатков представим тензор преобразования и соответствующие матрицы инцидентности двумя компонентами, элементы которых могут принимать значения из множества неотрицательных целых чисел. Для этого матрицу инцидентности D заменим матрицей D^I , отображающей связи позиция-переход, и матрицей D^O , отображающей связи переход-позиция. Тогда тензор преобразования C можно представить тензорами C^I и C^O , получаемые из системы матричных уравнений (2). Введенные матрицы и новое представление тензора преобразования исключают указанные выше недостатки.

$$\begin{cases} D^I_{ЛБФ} = C^I \times D^I_{ПС} \\ D^O_{ЛБФ} = C^O \times D^O_{ПС} \end{cases} \quad (2)$$

2. Количество программ синтеза

Генерация программ синтеза СП, моделирующих новые вычислительные структуры, заключается в построении всех возможных комбинаций разбиения множества P и T на непересекающиеся подмножества. Такая задача называется Set Partition [7].

Программы синтеза задаются объединением последовательностей определенных вершин между собой (3).

$$\begin{cases} p_i = p_m + \dots + p_n \\ t_j = t_k + \dots + t_l \\ \vdots \end{cases}, \quad (3)$$

где p_i, t_j, \dots - вершины, получившиеся в результате объединения вершин, множеств Р и Т, задаваемых программой синтеза. В итоге количество программ синтеза определяется попарным сочетанием всех возможных разбиений множеств Р и Т, и равно $B_{|T|} \times B_{|P|}$ - произведению числа Белла от количества переходов на число Белла от количества позиций, содержащихся в примитивной системе. Для чисел Белла справедливо соотношение $2^n < B_n < n!$, что говорит о быстром росте сложности алгоритма синтеза при увеличении числа вершин.

3. Экспертные системы

Рассмотрим алгоритм, позволяющий генерировать все возможные программы синтеза. Данный алгоритм построен на основе метода построения ограниченно растущей строки в лексикографическом порядке [7].

Ограниченно растущая строка (ОГР) является необходимым элементом в решении задач разбиения множеств. Ограниченно растущие строки характеризуются неравенством роста (4):

$$a_{i+1} \leq 1 + \max\{a_1, a_2, \dots, a_i\} \quad (4)$$

для $i = 1, 2, \dots, n-1$ и начального $a_1 = 0$. Элементы j и k принадлежат одному и тому же подмножеству тогда и только тогда, когда $a_j = a_k$.

Для уменьшения количества программ синтеза, а, следовательно, уменьшения времени работы алгоритма синтеза, предлагается ввести множество правил (экспертную систему), задающих структурные ограничения на порядок взаимного расположения вершин СП в синтезируемых структурах. Основываясь на ограниченно растущей строке, можно определить некоторое множество правил для построения экспертной системы (ЭС), которая позволит на начальном этапе (до начала процесса синтеза) отсеять неудовлетворяющие наперед заданным требованиям программы синтеза.

К данным правилам можно, например, отнести запрет на построение циклических СП (СП, не имеющих ни головных, ни хвостовых позиций), или задание определенной последовательности переходов во вновь создаваемой СП. Сложность соблюдения второго правила заключается в том, что недостаточно только запрещать «некорректное» объединение заданных

переходов, но необходимо также учитывать возможное появление циклов, содержащих запрещенную последовательность переходов. В этом случае для корректного выполнения заданного правила необходимо использовать информацию о следовании переходов, заложенную в системе ЛБФ.

Заключение

В работе введена экспертная система для уменьшения и контроля синтезируемых сложных вычислительных структур на сетевых моделях в аппарате сетей Петри. Также предложены несколько правил для экспертной системы позволяющих анализировать программы синтеза до её применения. Стоит отметить, что расширение правил экспертной системы будет развиваться в будущем, опираясь на исследования и эксперименты в области вычислительных структур.

Библиографический список

1. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984. 264 с.
2. Кулагин В. П. Структуры сетей Петри // Информационные технологии. 1997. № 4. С. 17-22.
3. Кулагин В. П. Тензорные методы исследования структур сетей Петри // Информационные технологии. 2015. № 2. С. 83-94.
4. Кулагин В. П., Дубин В. Н. Структурный анализ сетей Петри // Информационные технологии. 2016. № 1. С. 3-13.
5. Кулагин В. П. Методы построения тензоров преобразования для сетевых моделей сложных систем // Информатизация образования и науки. 2015. № 4(28). С. 133-147.
6. Мараховский В. Б., Розенблом Л. Я., Яковлев А. В. Моделирование параллельных процессов. Сети Петри. СПб.: Профессиональная литература, 2014. 398 с.
7. Кнут Д. Э. Искусство программирования. Том 4А. М.: Вильямс, 2019. 960 с.

Кулагин В.П.
Муравьев Н. Д.
МИРЭА – Российский
технологический университет,
г. Москва, Россия

Kulagin V.P.
Muraviev N. D.
MIREA – Russian Technological
University,
Moscow, Russia