

Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами с применением методов теории графов

И.М. Сафаров, З.Н. Валеев, Т.А. Шумаев

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Задачи повышения эффективности производства и качества выпускаемой продукции являются актуальными для любого предприятия. Одним из решений данного вопроса может быть оптимизация процессов автоматизации производственных процессов на предприятиях. В данной статье предлагается решение, которое позволит спроектировать наиболее оптимальные маршруты сетевых соединений на всех уровнях АСУ ТП, что в свою очередь обеспечит значительную экономию ресурсов и тем самым позволит повысить эффективность процессов автоматизации на предприятиях.

Ключевые слова: повышение эффективности, теория графов, автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП), остов графа, методы оптимизации.

Задачи повышения эффективности производства и качества выпускаемой продукции являются актуальными для любого предприятия [1]. Одним из инструментов для решения задач подобного рода является автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП). Человеческое участие в таких системах сведено к минимуму, однако, оно все же присутствует.

В ходе проектирования АСУ ТП разработчиком должна быть составлена детальная схема процесса автоматизации [2]. При этом все блоки должны быть объединены в единую функционирующую систему.

Подобная система объединяется в одно целое посредством сети потоков информации. В данной работе предлагается оптимизация сети потоков информации с помощью метода решения задач на графах, что в свою очередь позволит оптимизировать всю систему управления в целом. Данный подход позволит спроектировать наиболее оптимальные маршруты сетевых соединений на всех уровнях АСУ ТП, что в свою очередь обеспечит значительную экономию ресурсов.

Методы решения задач оптимизации на графах являются мощным математическим средством, с помощью которого могут быть сформулированы и решены многие технологические, конструкторские, проектные и экономические задачи. Основными преимуществами применения методов теории графов в решении задач оптимизации дискретных структур являются: наглядность и логическая обоснованность этих методов, естественный подход к решению поставленных задач, малые вычислительные затраты как по времени, так и по ресурсам.

Сетевые модели в форме графов могут точно описывать реально существующие системы и могут быть использованы на практике при проектировании вычислительных комплексов, систем связи и т.п.

Методы оптимизации на графах часто относят к методам сетевого анализа [3]. Эти методы в значительной степени основаны на теории графов. Теория графов - это область дискретной математики, особенностью которой является геометрический подход к изучению объектов. Они используются как в математике, так и в различных приложениях. Теория графов дает удобный инструмент для моделирования структурных свойств различных систем и отношений между объектами, а также различных программных моделей. В последние годы теория графов получила большую популярность среди разделов математики, поскольку запросы стремительно расширяются в данной области. В терминах теории графов используется большое число задач, связанных с дискретными объектами [4].

В настоящее время в научных и прикладных разработках приходится решать дискретные экстремальные задачи, которые составляют большую долю математических задач [5]. В виде примера можно рассмотреть известную задачу - поиск минимального остовного дерева [6]. Данную задачу можно рассмотреть, например, как прокладку сети дорог минимальной

стоимости, связывающих n населенных пунктов, либо организация сети компьютеров в различных территориальных пунктах, что на математическом языке означает поиск минимального остова графа [7].

Решение подобных задач возможно с использованием теории графов (сетей) (рис. 1).

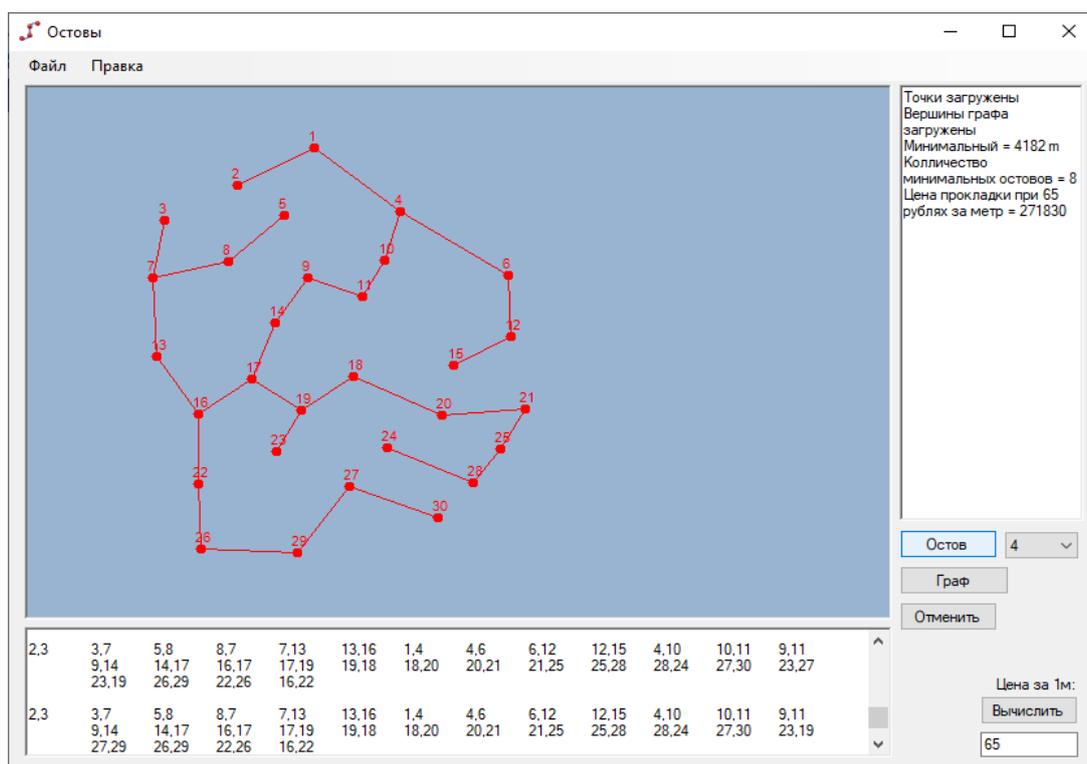


Рис. 1. – Процесс нахождения остовов

Основными задачами предлагаемого метода являются:

1. Применение алгоритма метода нахождения всех минимальных остовов графа.
2. Разработка программного модуля для нахождения минимального остова на основе метода Крускала и метода нахождения всех минимальных остовов графа (рис. 2).

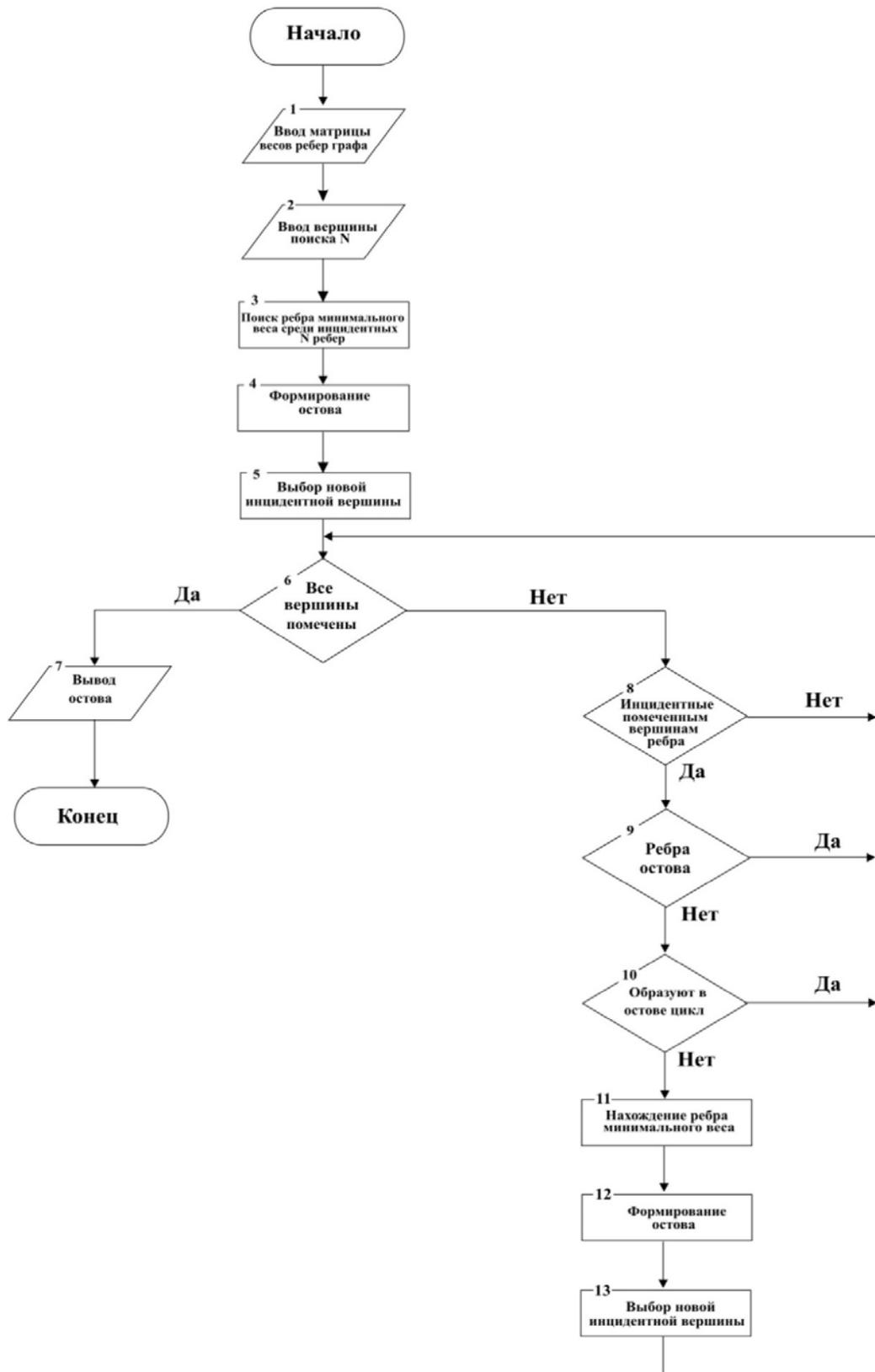


Рис. 2. – Блок-схема программы

Решение оптимизационной задачи будет состоять из двух этапов. На первом этапе рассмотрим оптимизацию при помощи метода Крускала. При помощи метода Крускала можно найти оптимальное решение и наглядное представление сути проблемы при поиске всех остовов минимальной длины. На втором этапе применяется метод определения всех остовов минимальной длины (рис.3).

Рассмотрим сначала задачи первого этапа:

- 1) Поиск минимального остовного дерева с помощью алгоритма Крускала.
- 2) Разработка компьютерной программы на объектно-ориентированном языке программирования C# для нахождения всех минимальных остовов графа [8].
- 3) Применение программного модуля к графу узла связи локального подключения предприятия [9].

Алгоритм Крускала:

Шаг 1. Начать с вполне несвязного графа T , содержащего n вершин.

Шаг 2. Упорядочить ребра графа G в порядке возрастания их весов (длин ребер), начиная с минимального ребра.

Шаг 3. Начав с первого ребра в этом списке, добавлять ребра в графе T , соблюдая условие: такое добавление не должно приводить к появлению цикла в T .

Шаг 4. Повторять шаг 3 до тех пор, пока число ребер в T не станет равным $n - 1$. Получившееся дерево является кратчайшим остовом графа G .

Для решения данной задачи была создана программа по поиску минимального пути с применением алгоритма Крускала (рис.4) [10].

```
public bool GetSoch(out int[] m)
{
    if (a.Length != lengths)
    {
        Array.Resize(ref a, lengths);
        for (int j = 0; j < lengths; j++) a[j] = j;
        index = lengths - 1;
    }
}

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        int n = 35;
        ways[] r = new ways[n];
        r[0] = new ways(1, 2, 228, "1"); //
        r[1] = new ways(2, 3, 228, "2"); //
        r[2] = new ways(3, 7, 154, "3");
        r[3] = new ways(1, 5, 288, "4");
        r[4] = new ways(5, 8, 187, "3.5");
        r[5] = new ways(8, 7, 170, "f");
        r[6] = new ways(7, 13, 157, "g");
        r[7] = new ways(13, 16, 162, "2.6");
        r[8] = new ways(1, 4, 204, "d");
        r[9] = new ways(4, 6, 123, "a");
        r[10] = new ways(6, 12, 113, "b");
        r[11] = new ways(12, 15, 130, "c");
        r[12] = new ways(15, 21, 196, "d"); //
        r[13] = new ways(4, 10, 196, "e");
        r[14] = new ways(10, 11, 95, "f");
        r[15] = new ways(9, 11, 133, "g");
        r[16] = new ways(9, 14, 148, "h");
        r[17] = new ways(14, 17, 108, "h");
        r[18] = new ways(16, 17, 130, "b");
        r[19] = new ways(17, 19, 85, "c");
        r[20] = new ways(19, 18, 162, "d");
        r[21] = new ways(18, 20, 175, "e");
        r[22] = new ways(20, 21, 150, "f");
        r[23] = new ways(21, 25, 97, "g");
        r[24] = new ways(25, 28, 104, "h");
        r[25] = new ways(28, 24, 177, "h");
        r[26] = new ways(24, 19, 230, "b");
        r[27] = new ways(28, 30, 194, "c");
        r[28] = new ways(27, 30, 160, "d");
    }
}
```

Рис. 3. – Код программы

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
150150 Остовов Минимальный = 4098 м
2,3 3,7 5,8 8,7 7,13 13,16 1,4 4,6 6,12 12,15
15,21 10,11 9,11 9,14 14,17 16,17 17,19 19,18 18,20 20,21
21,25 25,28 28,24 27,30 23,27 23,19 26,29 22,26 16,22
Количество минимальных остовов = 1
Для продолжения нажмите любую клавишу . . .
```

Рис. 4. – Результат расчета

Литература

1. Евстигнеев В.А. Применение теории графов в программировании / Под ред. А.П. Ершова. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 352 с.
2. Колдаев В.Д. Основы алгоритмизации и программирования: учебное пособие / под ред. проф. Л.Г. Гагариной. М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2009. 416 с.
3. Andrew Stellman, Jennifer Greene, Head First C#: A Learner's Guide to Real-World Programming with C#, XAML, and .NET. O'Reilly Media; Third edition, 2013. 1100p.
4. Подлевских А.П., Михед А.Д., Жигалов К.Ю. Технические средства автоматизации и управления : учеб. Пособие. – М. : МТИ, 2016. 180 с.
5. Гришина Т.Г. Моделирование и оптимизация циклов выработки решений при управлении автоматизированным производством // Инженерный вестник Дона, 2012, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1024.
6. Grigoryuk E.N., Bulkin V.V. Problems of Automation and Management Principles. Information Flow in Manufacturing // IOP Conference Series: Materials



Science and Engineering, 2017, Volume 221, conference 1 URL: doi.org/10.1088/1755-1315/221/1/012006.

7. Целигорова Е.Н. Современные информационные технологии и их использование для исследования систем автоматического управления // Инженерный вестник Дона, 2010, №3. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/222.

8. Кузнецов Р.С., Тимофеев Ю.В., Смирнов Н.А., Тютяев М.С., Черкис А.П., Щербакова Н.Л. Механизмы вычислительного интеллекта при решении задачи автоматизации прогнозирования электроэнергии // Инженерный вестник Дона, 2012, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/823.

9. Чередникова А.В. Дискретная математика. Теория и практика / А.В. Чередникова, О.Б. Садовская, Л.А. Каминская. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2011. 74 с.

10. Абдульмянов Т.Р. Алгоритмы и методы решения задач дискретной математики с применением компьютерных вычислений: Лабор. практикум / Казань: КГЭУ, 2011. 156 с.

11. Ерош И. Л., Сергеев М. Б., Соловьев Н. В. Дискретная математика: Учеб. пособие /СПбГУАП. СПб., 2005. 37 с.

References

1. Evstigneev V.A. Primenenie teorii grafov v programmirovanii [Application of graph theory in programming]. Pod red. A.P. Ershova. M.: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1985. 352 p.

2. Koldaev V.D. Osnovy algoritmizatsii i programmirovaniya [Basics of Algorithmization and Programming]. Uchebnoe posobie. Pod red. prof. L.G. Gagarinoy. M.: ID «FORUM»: INFRA-M, 2009. 416 p.

3. Andrew Stellman, Jennifer Greene, Head First C#: A Learner's Guide to Real-World Programming with C#, XAML, and .NET. O'Reilly Media; Third edition, 2013. 1100p.

4. Podlevskikh A.P., Mikhed A.D., ZHigalov K.YU. Tekhnicheskie sredstva avtomatizatsii i upravleniya [Technical means of automation and control]. Ucheb. Posobie. M.: MTI, 2016. 180 p.
5. Grishina T.G. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1024.
6. Grigoryuk E.N., Bulkin V.V. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, Volume 221, conference 1 URL: doi.org/10.1088/1755-1315/221/1/012006.
7. Tseligorova E.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/222.
8. Kuznetsov R.S, Timofeev YU.V., Smirnov N.A., Tyutyaev M.S., CHerkis A.P., SHHerbakova N.L. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/823.
9. CHerednikova A.V. Diskretnaya matematika. Teoriya i praktika [Discrete Math. Theory and practice]. A.V. CHerednikova, O.B. Sadovskaya, L.A. Kaminskaya. Kostroma: Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2011. 74 p.
10. Abdul'myanov T.R. Algoritmy i metody resheniya zadach diskretnoj matematiki s primeneniem komp'yuternykh vychislenij [Algorithms and methods for solving problems of discrete mathematics using computer calculations]. Labor. praktikum. Kazan': KGEHU, 2011. 156 p.
11. Erosh I. L., Sergeev M. B., Solov'ev N. V. Diskretnaya matematika [Discrete Math]. Ucheb. posobie. SPbGUAP. SPb., 2005. 37 p.