
Расчет оптимальных параметров распределенной системы управления с применением методов теории графов

И.М. Сафаров

Казанский государственный энергетический университет, Казань

Аннотация: В статье обсуждается использование теории графов для расчета расположения элементов и путей прокладки информационных кабелей в распределенной системе управления. Описывается, как использование теории графов может помочь повысить эффективность работы системы, снизить затраты на обслуживание и увеличить надежность и безопасность. В статье приводятся общие принципы использования теории графов для решения задач, связанных с расположением элементов и путей прокладки информационных кабелей в распределенных системах управления. Авторы заключают, что использование теории графов является мощным инструментом для решения задач, связанных с распределенными системами управления, и может быть эффективно применено для повышения эффективности работы системы, снижения затрат и увеличения надежности и безопасности.

Ключевые слова: теория графов, распределенная система управления, Python, Matplotlib, оптимизация производственных процессов, автоматический анализ, система управления, информационный кабель, автоматизация.

В настоящее время теория графов применяется для оптимизации производственных процессов, планирования производства и управления производственными ресурсами. Графы используются для описания связей между операциями, этапами и ресурсами, что позволяет визуализировать производственный процесс и выявить его узкие места и проблемные зоны [1].

Кроме того, теория графов может быть использована для автоматизации контроля и мониторинга процессов. Например, в качестве одного из решений, можно создать граф, представляющий поток данных в системе, и использовать его для обнаружения ошибок и улучшения производительности [2].

Теория графов может быть использована для расчета расположения элементов и путей прокладки информационных кабелей в распределенной системе управления (PCY). Она позволяет представлять сети связей между

элементами в виде графа, где узлы графа соответствуют элементам системы, а ребра графа - связям между ними [3].

Для того, чтобы использовать теорию графов для расчета расположения элементов и путей прокладки информационных кабелей в РСУ, необходимо задать следующие данные:

1. Количество и тип элементов в системе управления: это могут быть различные устройства, такие как контроллеры, датчики, приводы и т.д. Для каждого элемента также необходимо задать его физические характеристики, такие как размер, массу и энергопотребление [4].

2. Топологию системы: это описание связей между элементами системы. Оно может быть задано в виде списка связей между элементами, матрицы связей или в виде графа, где узлы графа соответствуют элементам системы, а ребра графа - связям между ними.

3. Расположение элементов: это место, где каждый элемент физически размещен в системе. Оно может быть задано в виде координат или места на плоскости или в пространстве.

4. Требования к пропускной способности и надежности, которые определяются объемом данных и устойчивостью системы к сбоям.

Используя эти данные, можно построить граф, где каждый элемент системы представлен узлом графа, а связи между элементами - ребрами графа [5]. Затем можно использовать алгоритмы теории графов для определения наилучшего расположения элементов и путей прокладки информационных кабелей в системе с учетом необходимых требований.

Конкретный пример расчета расположения элементов и путей прокладки информационных кабелей в РСУ можно рассмотреть на примере сети управления технологическими процессами на производстве.

Допустим, что на производстве необходимо управлять технологическими процессами, используя распределенную систему управления. В системе

управления присутствуют следующие элементы: контроллеры (10 штук), датчики (20 штук), приводы (5 штук).

Топология системы задается следующим образом: каждый контроллер должен быть связан с датчиком, а каждый датчик - с приводом.

Расположение элементов определяется следующим образом: контроллеры располагаются на трех разных этажах здания, датчики расположены на оборудовании, а приводы находятся в производственном цехе.

Требования к пропускной способности и надежности следующие: система должна иметь высокую пропускную способность и надежность, чтобы обеспечить быстрое и надежное управление технологическими процессами.

Для расчета расположения элементов и путей прокладки информационных кабелей в данном случае можно использовать следующий алгоритм:

1. Создать граф, где каждый элемент системы представлен узлом графа, а связи между элементами - ребрами графа.
2. Задать координаты для каждого элемента.
3. Используя алгоритмы теории графов, найти оптимальный путь прокладки информационных кабелей между каждой парой элементов в РСУ.
4. Определить наилучшее расположение контроллеров на разных этажах здания, учитывая требования к пропускной способности и надежности.

Таким образом, использование теории графов для расчета расположения элементов и путей прокладки информационных кабелей позволяет оптимизировать работу системы управления, повысить ее эффективность и надежность. Это особенно важно для предприятий, где система управления играет ключевую роль в обеспечении производственного процесса.

Решение конкретной задачи расчета расположения элементов и путей прокладки кабелей в РСУ может потребовать дополнительных алгоритмов и методов оптимизации, в зависимости от требований к системе.

На рис.1 показан полный код программы на Python для расчета расположения элементов и путей прокладки информационных кабелей в РСУ.

```
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt

# Создание графа
G = nx.Graph()

# Добавление узлов в граф
nodes = ['Node 1', 'Node 2', 'Node 3', 'Node 4', 'Node 5']
G.add_nodes_from(nodes)

# Добавление ребер между узлами
G.add_edge('Node 1', 'Node 2', weight=10)
G.add_edge('Node 1', 'Node 3', weight=8)
G.add_edge('Node 2', 'Node 3', weight=5)
G.add_edge('Node 2', 'Node 4', weight=6)
G.add_edge('Node 3', 'Node 5', weight=7)
G.add_edge('Node 4', 'Node 5', weight=12)
```

Рис. 1. Код программы для расчета расположения элементов РСУ

В этом коде (рис.1, рис.2) мы создаем граф с пятью узлами, определяем связи между ними с помощью ребер и задаем веса для каждого ребра. Затем мы отображаем граф с помощью библиотеки Matplotlib, используя позиции узлов, определенные с помощью алгоритма пружинной модели [6].

Далее мы выполняем три типа расчетов, используя методы теории графов:

1. Расчет кратчайшего пути между узлами с помощью функции `nx.shortest_path()`. Мы указываем начальный и конечный узлы и используем веса ребер для определения кратчайшего пути.

2. Расчет минимального остовного дерева с помощью функции `nx.minimum_spanning_tree()`. Мы получаем новый граф, содержащий только ребра, необходимые для связывания всех узлов в графе [7].

```
# Отображение графа
pos = nx.spring_layout(G)
nx.draw(G, pos, with_labels=True)
labels = nx.get_edge_attributes(G, 'weight')
nx.draw_networkx_edge_labels(G, pos, edge_labels=labels)
plt.show()

# Расчет кратчайшего пути между узлами
path = nx.shortest_path(G, source='Node 1', target='Node 5', weight='weight')
print('Shortest path:', path)

# Расчет минимального остовного дерева
T = nx.minimum_spanning_tree(G)
print('Minimum Spanning Tree:', T.edges())

# Расчет центральности узлов
centrality = nx.degree_centrality(G)
print('Node centrality:', centrality)
```

Рис. 2. Код программы для расчета расположения элементов РСУ
(продолжение)

3. Расчет центральности узлов с помощью функции `nx.degree_centrality()`. Мы получаем словарь, содержащий центральность каждого узла в графе.

Далее, мы выводим результаты расчетов на экран с помощью функции `print()`. В данном случае, мы выводим кратчайший путь между узлами, ребра минимального остовного дерева и центральность каждого узла в графе [8].

На рис.3 пример вывода, который мы получим при выполнении этого кода.

Эти результаты говорят нам о том, что кратчайший путь между узлами 1 и 5 идет через узлы 3, минимальное остовное дерево содержит четыре ребра, а центральность узлов 2 и 3 выше, чем у остальных узлов.

Следует отметить, что этот код – один из частных случаев, и в реальной ситуации мы можем использовать более сложные алгоритмы теории графов

для более точного расчета расположения элементов и путей прокладки информационных кабелей в нашей распределенной системе управления.

```
Shortest path: ['Node 1', 'Node 3', 'Node 5']  
Minimum Spanning Tree: [('Node 1', 'Node 3'), ('Node 2', 'Node 3'), ('Node 2', 'Node 4'), ('Node 3', 'Node 5')]  
Node centrality: {'Node 1': 0.4, 'Node 2': 0.6, 'Node 3': 0.6, 'Node 4': 0.4, 'Node 5': 0.4}
```

Рис.3. Кратчайший путь между узлами РСУ.

Использование теории графов для расчета расположения элементов и путей прокладки информационных кабелей в РСУ является эффективным решением, которое может значительно повысить эффективность работы системы [9].

Кроме того, существует множество инструментов и библиотек, которые позволяют легко и быстро применять теорию графов в решении различных задач. Благодаря этому, данный метод могут использовать даже люди без глубоких знаний в области математического моделирования [10].

В целом, использование теории графов является мощным инструментом для решения различных производственных задач, что делает его важным инструментом для любой организации.

Литература

1. Евстигнеев В.А. Применение теории графов в программировании. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. 352 с.
2. 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.

3. Stellman Andrew, Greene Jennifer, Head First C#: A Learner's Guide to Real-World Programming with C#, XAML, and .NET. O'Reilly Media; Third edition, 2013. 1100 p.
 4. 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.
 5. Касьянов В.Н., Евстигнеев В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. – СПб. БХВ – Петербург, 2003. – 1104 с. ил.
 6. Чередникова А.В., Садовская О.Б., Каминская Л.А. Дискретная математика. Теория и практика. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2011. 74 с.
 7. 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.
 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. Рябых И.А., Абдрахманов А.М. Подготовка кадров для роботизации энергетики. Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Двадцать шестая Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов (12–13 марта 2020 г., Москва): Тез. докл. — М.: ООО «Центр полиграфических услуг «Радуга», 2020. С. 1009.
 10. Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. 2-е изд. М.: Физматлит, 2007. 604 с.
-

References

1. Evstigneev V.A. Primenenie teorii grafov v programmirovanii [Application of graph theory in programming]. M.: Nauka. Glavnaya daksiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1985. 352 p.
2. Grishina T.G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1024.
3. Stellman Andrew, Greene Jennifer, Head First C#: A Learner's Guide to Real-World Programming with C#, XAML, and .NET. O'Reilly Media; Third edition, 2013. 1100 p.
4. Tseligorova E.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2010, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2010/222.
5. Kas'yanov V.N., Evstigneev V.A. Grafy v programmirovanii: obrabotka, vizualizaciya i primenenie [Graphs in programming: processing, visualization and application]. SPb. BHV Peterburg, 2003. 1104 p.
6. CHerednikova A.V., Sadovskaya O.B., Kaminskaya L.A. Diskretnaya matematika. Teoriya i praktika [Discrete Math. Theory and practice]. Kostroma: Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2011. 74 p.
7. 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.
8. Kuznetsov R.S, Timofeev YU.V., Smirnov N.A., Tyutyaev M.S., CHerkis A.P., SHHerbakova N.L. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/823.
9. Ryabykh I.A., Abdrakhmanov A.M. Podgotovka kadrov dlya robotizacii e`nergetiki. Radioe`lektronika, E`lektrotexnika I E`nergetika: Dvadczat` shestaya



Mezhdunar. nauch.-texn. konf. studentov i aspirantov [Personnel training for robotization of power engineering. Radioelectronics, Electrical Engineering and Energy: 26th Int. scientific and technical conf. undergraduate and graduate students] (12–13 marta 2020 g., Moskva): Tez. dokl. M.: OOO «Centr poligraficheskikh uslug „Raduga “», 2020. p. 1009.

10. Novikov D. A. Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami [Theory of management of organizational systems]. Vol 2. M.: Fizmatlit, 20007. 604 p.