

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ВТОРИЧНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

к.т.н. Г.И. Линец  
(представил д.т.н., проф. В.И. Долгов)

Предложен алгоритм решения задачи оптимизации структуры вторичных сетей связи.

При проектировании вторичных сетей связи возникает необходимость определения рациональной топологической структуры, обеспечивающей требуемые вероятностно – временные характеристики при минимальной стоимости линий связи [1]. Эта задача относится к классу многокритериальных комбинаторных задач. Она не разрешима известными аналитическими методами математического программирования, так как выражение для оптимального показателя эффективности графа и для ограничений на область оптимизационного поиска в явном виде представить не удается.

В настоящее время существуют методы оптимизации структур вторичных сетей, такие как метод Стейнлица, метод замены ветвей, вогнутый метод исключения ветвей, вогнутый метод добавления ветвей и др [2, 3]. Однако, область применения перечисленных выше методов ограничена, найденные этими методами топологические структуры являются локально - оптимальными и не учитывают ряд существенных показателей, таких как различные требования по вероятности связности для каждой пары ее узлов.

Предлагается программа, решающая оптимизационную задачу выбора минимального по стоимости (суммарной протяженности линий) графа, но удовлетворяющего заданным ограничениям. Такими ограничениями являются: заданные вероятности связности для каждой пары узлов; число кратчайших путей между любой парой узлов вторичной сети; максимальное число транзитных узлов между любой парой узлов вторичной сети.

Работа программы может осуществляться по одному из двух алгоритмов: автоматическому и эвристическому. При работе по автоматическому алгоритму осуществляется перебор всех возможных вариантов подграфов исходного графа с постепенным уменьшением количества ветвей  $M$ , присутствующих в подграфах на заданное проектировщиком значение  $L$ . Возможно получение оптимальной топологической структуры при заданных ограничениях. Ввиду большой размерности оптимизационной задачи, высокой вычислительной сложности алгоритма, оперативность решения указанной выше задачи на современных ПЭВМ для больших вторичных сетей

недостаточна. Поэтому автоматический режим целесообразно использовать для нахождения оптимальных структур небольших вторичных сетей.

С целью повышения оперативности нахождения рациональной топологической структуры и сокращения объема вычислений для больших сетей предлагается использовать эвристический алгоритм. При его применении в исходном графе  $G(X, Y)$  на каждом этапе оптимизационного поиска отыскивается и удаляется  $L$  таких его ветвей, которые имеют наибольшую длину, но их удаление не приводит к снижению ниже требуемой вероятности связности заданных пар  $\langle q, p \rangle \in Q$  вершин графа. Лучший из найденных графов используется в качестве исходного графа на следующем этапе оптимизационного поиска. Алгоритм работы программы следующий.

1. Ввод исходных данных задачи.
2. Установление начальных значений флага  $\Phi$ , единичное значение которого будет сигнализировать о нахождении хотя бы одного рационального варианта графа транспортной сети АСУ связи (АСУС) на очередном этапе поиска. Установление начального значения счетчика  $k$  - числа сформированных вариантов графа. Формируется исходный вариант подграфа.
3. Переход к оператору 7, если суммарная протяженность ветвей графа  $G(X_n, Y)$  окажется больше, чем в ранее найденном рациональном варианте графа транспортной сети АСУС.
4. Переход к оператору 7, если в графе  $G(X_n, Y)$  имеются изолированные узлы или число транзитных ветвей в кратчайшем по числу ветвей пути между любой из  $\langle q, p \rangle \in Q$  пар узлов окажется больше заданного.
5. Переход к оператору 7, если вероятность связности любой из  $\langle q, p \rangle \in Q$  пар узлов графа окажется меньше заданной.
6. Найденный  $G(X_n, Y)$  вариант графа транспортной сети запоминается в качестве рационального; выдаются показатели качества его структуры.
7. Значение  $k$  - числа проанализированных вариантов графа транспортной сети АСУС увеличивается на единицу.
8. Формирование очередного варианта подмножества ветвей  $X_n < X$  и построение  $G(X_n, Y)$  варианта графа вторичной сети связи.
9. Переход к оператору 3, если число сформированных и проанализированных вариантов графа транспортной сети АСУС меньше  $C_x^{X_n}$  - числа сочетаний из  $X$  по  $X_n$  ветвей исходного графа  $G(X, Y)$ .
10. Переход к оператору 14, если при использовании любых  $X_n$  ветвей исходного графа  $G(X, Y)$  не был найден ни один рациональный вариант графа транспортной сети АСУС.
11. Переход к оператору 13, если в оптимизирующей программе используется метод автоматического поиска рационального варианта графа вторичной сети связи.
12. Уменьшение на  $L$  числа ветвей в исходном графе, которые исполь-

зуются на следующем этапе поиска рационального варианта графа транспортной сети АСУС. Данный оператор выполняется при работе оптимизирующей программы по эвристическому алгоритму. В число исключаемых ветвей попадают те ветви исходного графа, которые не вошли в состав наилучшего графа, найденного на последнем этапе. Переход к оператору 2.

13. Уменьшение на величину  $d$ , заданную разработчиком, числа ветвей в рассматриваемых в следующем цикле оптимизационного поиска рационального графа. Если полученное число ветвей равно единице, то переход к оператору 14, иначе - к оператору 2.

14. Окончание работы оптимизирующей программы.

Для проверки связности всех возможных пар узлов используется метод Форда-Беллмана. С целью проверки возможности использования разработанной программы для выбора рациональных топологических структур, исследовался исходный граф вторичной сети связи, который содержал 20 узлов и 54 ветви. Были заданы вероятности исправных состояний узлов сети и ветвей связи, требуемые вероятности связности для каждой пары узлов сети, стоимость каждой ветви, число кратчайших путей между любой парой узлов вторичной сети, максимальное число транзитных узлов между любой парой узлов вторичной сети. Исследования проводились на ПЭВМ Pentium - 133. В результате работы оптимизационной программы был найден подграф с 36 ветвями, удовлетворяющий заданным требованиям и имеющий при этом суммарную стоимость ветвей в 1.87 раза меньшую, чем у исходного графа. Время решения задачи оптимизационного поиска составило 5 часов 4 минуты. Был обработан в общей сложности 16764271 подграф. Средняя скорость обработки составила 917 подграфов в секунду. Адекватность оптимизационной программы была проверена с помощью имитационной модели определения вероятности связности пар узлов вторичной сети статистическим методом. Различие результатов исследований составило менее 2%. Таким образом, предлагаемый метод решения задачи выбора рациональной топологической структуры может быть использован при синтезе топологических структур вторичных сетей связи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Якубайтис Э.А. Информационно - вычислительные сети. – М.: Финансы и статистика, 1984. – 232 с.
2. Михеенко В.С. Вторичные сети военной связи. – Ставрополь: СВВИУС, 1995. – 464 с.
3. Крюков А.М., Мартынов Ю.М., Разгон В.Л. Математическое обеспечение СПД. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.

*Поступила в редколлегию 25.09.2000*