$$W(\alpha)=\begin{pmatrix}\cos\alpha & -\sin\alpha\\ \sin\alpha & \cos\alpha\end{pmatrix}. \tag{9}$$

Таким образом, задача выделения независимых компонент двумерного вектора **x** свелась к нахождению значения угла α^*, при котором мера независимости компонент вектора $\mathbf{W}(\alpha^*)\mathbf{x}$ минимальна, то есть:

$$\alpha^* = \arg\min_{\alpha}\{M(\mathbf{W}(\alpha)\mathbf{x})\}. \tag{10}$$

Далее следует минимизировать полученную контрастную функцию $M(\alpha)=M(\mathbf{W}(\alpha)\mathbf{x})$ (в экспериментах мы использовали метод золотого сечения с квадратичной интерполяцией). Рассмотрённый метод можно применять также и в случае, когда сигнал имеет размерность более двух, правда в этом случае усложняется процедура оптимизации контрастной функции.

Работа предложенного метода не зависит от природы исходных сигналов-смесей (в отличие от существующих методов ICA, зависящих, например, от нормальности распределения [1]). В настоящее время ведётся поиск дифференцируемой оценки функции $M(\cdot)$, что позволит значительно улучшит метод, применяя для оптимизации градиентные методы [2].

Литература. **1.** A. Hyvärinen *Syrvey on Independent component analysis*, Neural Computing Syrveys, 2, 94–128. **2.** М. Базара, К. Шетти *Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы*.– М.: Мир, 1982.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ РАЗРЕЗАНИЯ ГРАФА С ОПТИМИЗАЦИЕЙ РЕЗУЛЬТАТА

Шандриков А.С.,

Витебский государственный политехнический техникум, г. Витебск

Автоматизированное проектирование сложных технических изделий, в частности, радиоэлектронных средств (РЭС), предполагает использование математических моделей. Наиболее приемлемой моделью для проектирования РЭС является граф вида G = (X, U), у которого вершины $x \in X$ представляют радиоэлектронные компоненты (РЭК), а рёбра $u \in U$ — электрические связи [1, с.16-17]. Компоновка РЭС предполагает разбиение принципиальной электрической схемы на конструктивно законченные узлы, что моделируется разрезанием графа G на требуемое количество кусков с заданным количеством вершин в каждом из них. Одним из основных критериев оптимальности полученного результата является минимум связей между сформированными кусками, т.е. внешних связей. Математически этот параметр оценивается посредством коэффициента разрезания, вычисляемого по формуле.

$$\Delta(G) = L/K \tag{1}$$

где L — суммарное количество связей между вершинами внутри кусков (внутренних связей); K — суммарное количество внешних связей.

Для разрезания графа на куски разработано множество алгоритмов. На практике в основном используют последовательные, итерационные и смешанные алгоритмы.

Последовательные алгоритмы обладают самой высокой производительностью, но полученные результаты в подавляющем большинстве случаев далеки от оптимальных [2, с. 61]. Суть последовательных алгоритмов заключается в следующем. Для формирования первого куска графа по некоторому критерию выбирается одна из вершин $x_i \in X$ и строится множество Γx_i, содержащее выбранную вершину x_i и все смежные ей вершины. Если $|\Gamma x_i|$ равно заданному количеству вершин первого куска, то кусок считается сформированным. В противном случае в множество Γx_i по определённым правилам добавляются недостающие вершины или из множества Γx_i исключаются лишние вершины. По окончании формирования первого куска множество Γx_i удаляется из множества X, после чего аналогичным образом формируются последующие куски заданного разрезания.

Итерационные алгоритмы обеспечивают получение более близких к оптимальным результатов, но для их реализации на ЭВМ требуется большой объём оперативной памяти с малым временем обращения к ней и ограниченное количество вершин разрезаемого графа [1, с. 77].

Анализ достоинств и недостатков последовательных и итерационных алгоритмов побуждает к разработке новых высокопроизводительных алгоритмов, обеспечивающих получение оптимальных по критерию (1) результатов.

В основу одного из новых алгоритмов положен последовательный метод разрезания графа. Выбор данного метода обусловлен его простотой, высокой производительностью и отсутствием требования большого объёма оперативной памяти при ограниченном количестве вершин разрезаемого графа. По сравнению с классическими последовательными алгоритмами в предлагаемом алгоритме реализована несколько иная концепция формирования кусков при разрезании графа, принципы которой заключаются в следующем.

1. Формирование куска осуществляется поэтапно. Сначала по определённому критерию выбирается начальная вершина формируемого куска x_i и строится множество Γx_i, содержащее выбранную вершину и все смежные ей вершины. Из множества вершин, смежных вершине x_i, для назначения в формируемый кусок выбирается только одна вершина x_j, удовлетворяющая условию

$$\delta(x_j) = \rho(x_j) - z(x_j) = \min \delta(x_j) \qquad (2)$$

где $\delta(x_j)$ — относительный вес вершины x_j; $\rho(x_j)$ — локальная степень вершины x_j; $z(x_j)$ — количество связей вершины x_j с вершиной x_i.

Далее строится множество вершин Γx_j, содержащее вершину x_j и все смежные ей вершины. После этого объединяют множества Γx_i и Γx_j и из полученного множества $\Gamma x_i \cup \Gamma x_j$ выбирают вершину x_k, имеющую минимальный относительный вес. На этом этапе в формуле (2) учитывается количество связей вершины x_k уже с вершинами x_i и x_j, т.е. со всеми вершинами, вошедшими в формируемый кусок на предшествующих этапах. Аналогично в формируемый кусок назначают все остальные вершины. Описанный процесс повторяется до окончания формирования куска. Сформированный кусок удаляют из графа G и приступают к аналогичному формированию второго и последующих кусков заданного разрезания.

2. Если граф разрезается на неравные по количеству вершин куски, то первым формируют минимальный кусок и по формуле (1) определяют коэффициент разрезания. Полученный результат рассматривается не как окончательный,

а как один из возможных вариантов. Формирование продолжается до получения следующего в порядке возрастания количества вершин куска графа и вновь вычисляют коэффициент разрезания. В результате выполнения описанных действий будет получено m вариантов формируемого первого куска, где m — количество неравных кусков. Из числа полученных вариантов выбирается тот, для которого коэффициент разрезания имеет максимальное значение.

В данной работе поясняется только одна ветвь разработанного алгоритма, которая выполняется при отсутствии каких-либо технологических ограничений на компоновку РЭС. При наличии таких ограничений сначала производится распределение запрещённых вершин по кускам, а дальнейшее назначение остальных вершин осуществляется в соответствии с описанным.

Применение данного алгоритма позволяет с высокой степенью вероятности получать оптимальный результат разрезания графа при минимальных затратах времени и ресурсов вычислительной техники.

Литература. 1. Морозов К.К., Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С. Методы разбиения схем РЭА на конструктивно законченные части. – М.: Сов. радио, 1978. **2.** Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Курейчик В.М. Применение графов для проектирования дискретных устройств. – М.: Наука, 1974.

МЕТОД ПОТОКОВОЙ ОРТОГОНАЛЬНОЙ ПРОГОНКИ ДЛЯ СЕТОЧНЫХ УРАВНЕНИЙ С СИЛЬНО МЕНЯЮЩИМИСЯ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

Шваекль А.И., БГУ, г. Минск

Сеточные уравнения с сильно меняющимися коэффициентами имеют многочисленные применения в задачах динамики и магнитной гидродинамики, где необходим расчёт теплопроводности или электропроводимости, в условиях, когда коэффициенты теплопроводности и электропроводности сильно зависят от термодинамических параметров среды [1 – 3]. Часто в таких задачах, помимо самого решения, требуется найти ещё и поток.

Попытка решения сеточных уравнений второго порядка, к которым обычно сводятся такие граничные задачи, методом монотонной прогонки [4, 5] приводит к значительным потерям точности при вычислении функции потока или к