Эргономика тесно связана с дизайном: создание красивого и удобного изделия немыслимо без учета «человеческого фактора».

Повышение качества и конкурентоспособности изделий любого назначения – от производственных до бытовых – это задача, решение которых требует двухстороннего движения. Технические специалисты должны знать основы создания гармоничной предметно-пространственной среды, основы дизайна; художники-конструкторы должны в достаточной мере ориентироваться в технических структурах изделий любой степени сложности.

УДК 519.1

С.В. Медведев, В.В. Сухан, В.Г. Смирнов, О.И. Минченок

МЕТОДЫ АНАЛИЗА КОМПОНОВОК ПРИСПОСОБЛЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ГРАФОВ

Объединенный институт проблем информатики НАН РБ, БелГИПК,
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Компоновки приборов, построенные по модульному принципу, при математическом моделировании удобно представлять с помощью графов. Для этого строят граф G системы модулей, вершины которого обозначают модули. Если два модуля могут быть механически собраны, то соответствующие им вершины связываются ребрами.

Существует два стандартных способа представить граф $G=(V,E)$ – как набор списков смежных вершин или как матрицу смежности. Первый обычно предпочтительнее, ибо дает более компактное представления для разреженных графов – тех, у которых $|E|$ много меньше $|V|^2$ (где $|E|$ - число ребер, $|V|$ - число вершин). Однако в некоторых ситуациях удобнее пользоваться матрицей смежности – например, для плотных графов, у которых $|E|$ сравнимо с $|V|^2$. Матрица смежности позволяет быстро определить, соединены ли две данные вершины ребром.

Часто при анализе компоновок главной задачей является нахождение вариантов компоновок с допустимой величиной погрешности сборки, точности позиционирования и др. В таких случаях, при анализе применяются алгоритмы кратчайших путей.

В задаче о кратчайшем пути дан ориентированный взвешенный граф $G=(V,E)$ с вещественной весовой функцией $w\colon\ E \to R$. Весом пути $p=\langle v_0, v_1, \ldots, v_k\rangle$ называется сумма весов ребер, входящих в этот путь:

$$w(p)=\sum_{i=1}^{k} w(v_{i-1}, v_i).$$

Вес кратчайшего пути из u в v равен, по определению,

$$\delta(u,v)=\begin{cases}\min\{w(p): u \xrightarrow{p} v\}, \\ \infty\end{cases}$$

Кратчайший путь из u в v – это любой путь p из u в v, для которого $w(p)=\delta(u,v)$.

Алгоритм Дейстры решает задачу о кратчайших путях из одной вершины для взвешенного ориентированного графа $G=(V,E)$ с исходной вершиной s, в котором веса всех ребер неотрицательны ($w(u,v)\geq 0$ для всех $(u,v)\in E$).

В процессе работы алгоритма Дейкстры поддерживается множество $S\subseteq V$, состоящее из вершин v, для которых $\delta(s,v)$ уже найдено (т.е. $d[v]=\delta(s,v)$). Алгоритм выбирает вершину $u\in V\setminus S$ с наименьшим весом $d[u]$, добавляет u к множеству S и производит релаксацию всех ребер, выходящих из u, после чего цикл повторяется. Вершины, не лежащие в S, хранятся в очереди Q с приоритетами, определяемыми значениями функции d. Граф, как правило, задается с помощью списков смежных вершин [1].

Процесс анализа компоновок может учитывать ряд требований, предъявляемых к оснастке в целом и к ее отдельным элементам. Эти требования регламентируются техническими, эргономическими и экономическими показателями, а также показателями стандартизации и нормализации универсальных элементов оснастки. К основным требованиям, предъявляемым к оснастке, относятся: обеспечение заданной точности, производительности, удобства и безопасности работы, экономической эффективности и так далее.

В основу анализа могут быть положены как несколько требований, так и какое-либо конкретное требование. В случае, когда моделирование компоновок производится на основе нескольких предъявляемых требований, применяется разработанная схема анализа, представленная в виде диаграммы деятельности (см. рисунок 1).

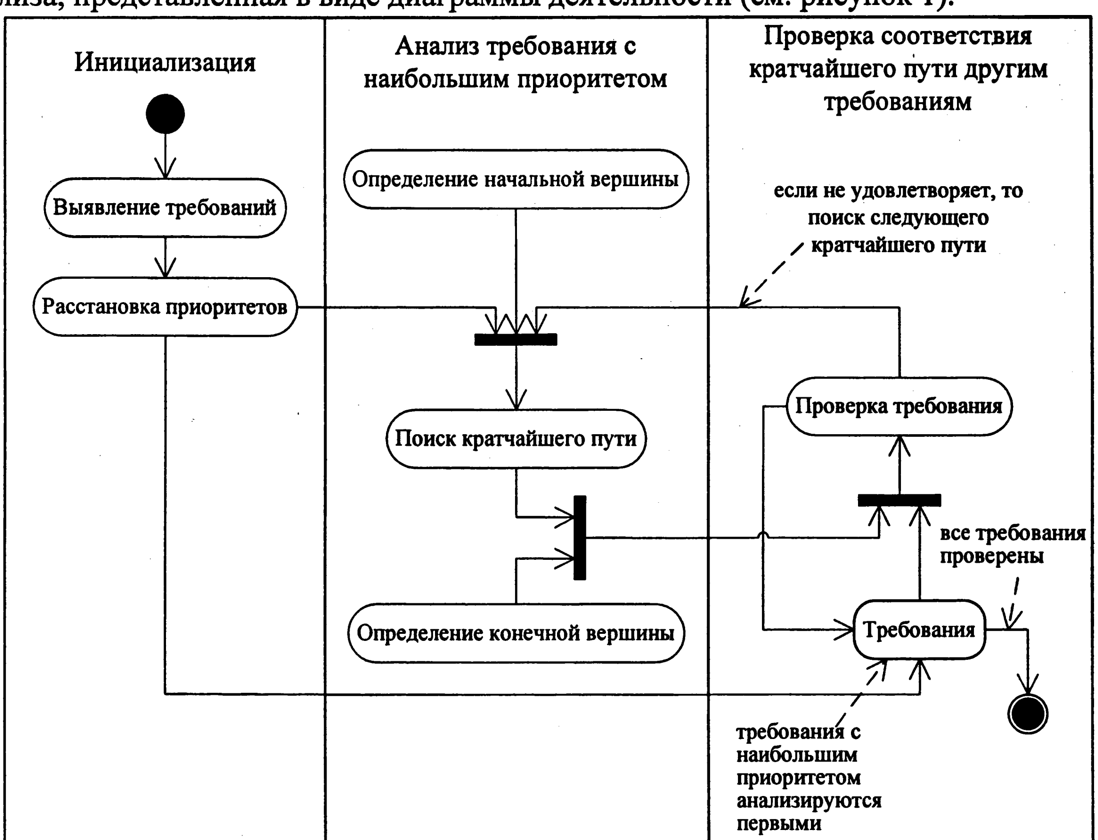

Рисунок 1. Схема анализа компоновок на предмет удовлетворения требованиям

Как было отмечено выше, алгоритм Дейкстры находит оптимальный путь из одной вершины в другую, и этот путь единственный (в приборостроении он может представлять собой компоновку модулей с наименьшей погрешностью сборки или наивысшей точностью позиционирования). В реальной ситуации для анализа недостаточно одного варианта компоновки. С этой целью были разработаны два принципа анализа компоновок на оптимальность: принцип соседства и принцип исключения.

Принцип соседства заключается в следующем. Пусть имеем кратчайший (оптимальный) путь из начальной вершины в конечную, удовлетворяющий предъявляемым требованиям. Тогда велика вероятность того, что некоторое множество путей, удовлетворяющих предъявляемым требованиям, является модификацией оптимального пути, то есть некоторые ребра оптимального пути являются ребрами модифицированного пути.

Рассмотрим алгоритм нахождения оптимальных путей по принципу соседства на примере системы, состоящей из восьми модулей (см. рисунок 2).

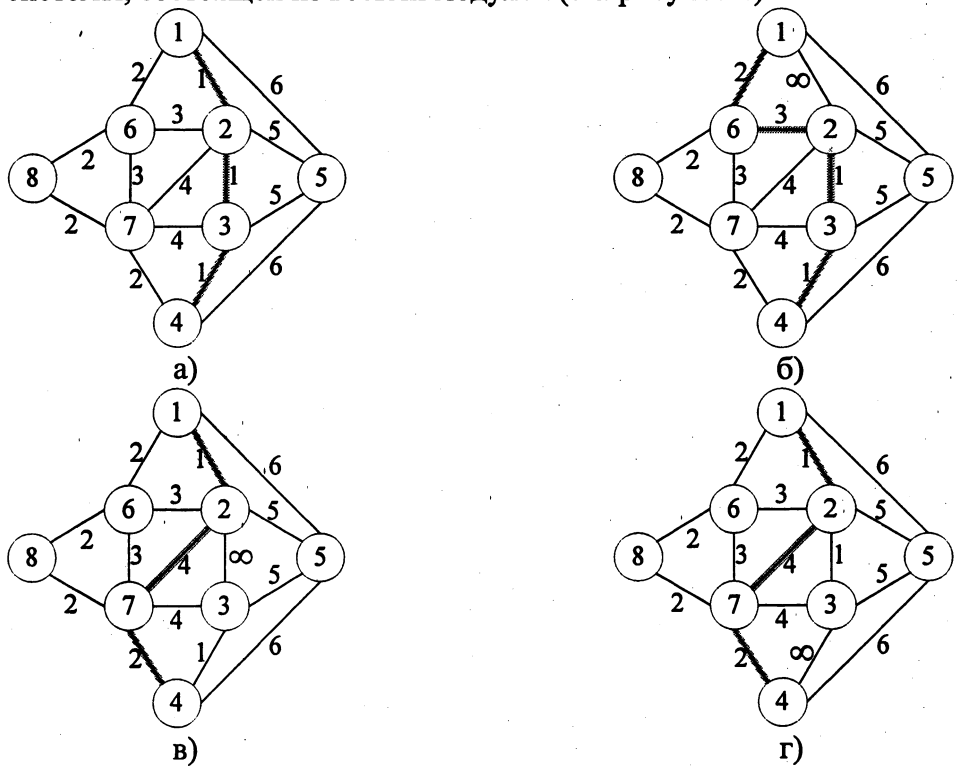

Рисунок 2. Алгоритм нахождения оптимальных путей по принципу соседства

Пусть имеем оптимальный путь 1-2-3-4, как показано на рисунке 2а). Присваиваем весу ребра 1-2 значение ∞, после чего производим поиск кратчайшего пути в модифицированном графе. В результате получаем кратчайший путь 1-6-2-3-4, как показано на рисунке 2, б). Возвращаем начальное значение веса ребра 1-2 и устанавливаем вес следующего ребра (ребро 2-3) в ∞. Снова производим поиск, в результате которого получаем кратчайший путь 1-2-7-4. Описанные действия выполняются до тех пор, пока не будут обработаны все ребра оптимального пути.

Принцип соседства применяется в случаях проектирования однородных компоновок со сменными наладками, когда одно и то же приспособление в зависимости от установленной наладки применяется для контроля разных объектов анализа.

Опишем принцип исключения. Пусть имеем кратчайший (оптимальный) путь из начальной вершины в конечную, удовлетворяющий предъявляемым требованиям. Тогда для нахождения множества путей, непохожих на оптимальный, последний надо исключить из поиска путем задания его ребрам больших весов.

Рассмотрим алгоритм нахождения оптимальных путей по принципу исключения на примере системы, состоящей из восьми модулей (см. рисунок 3).

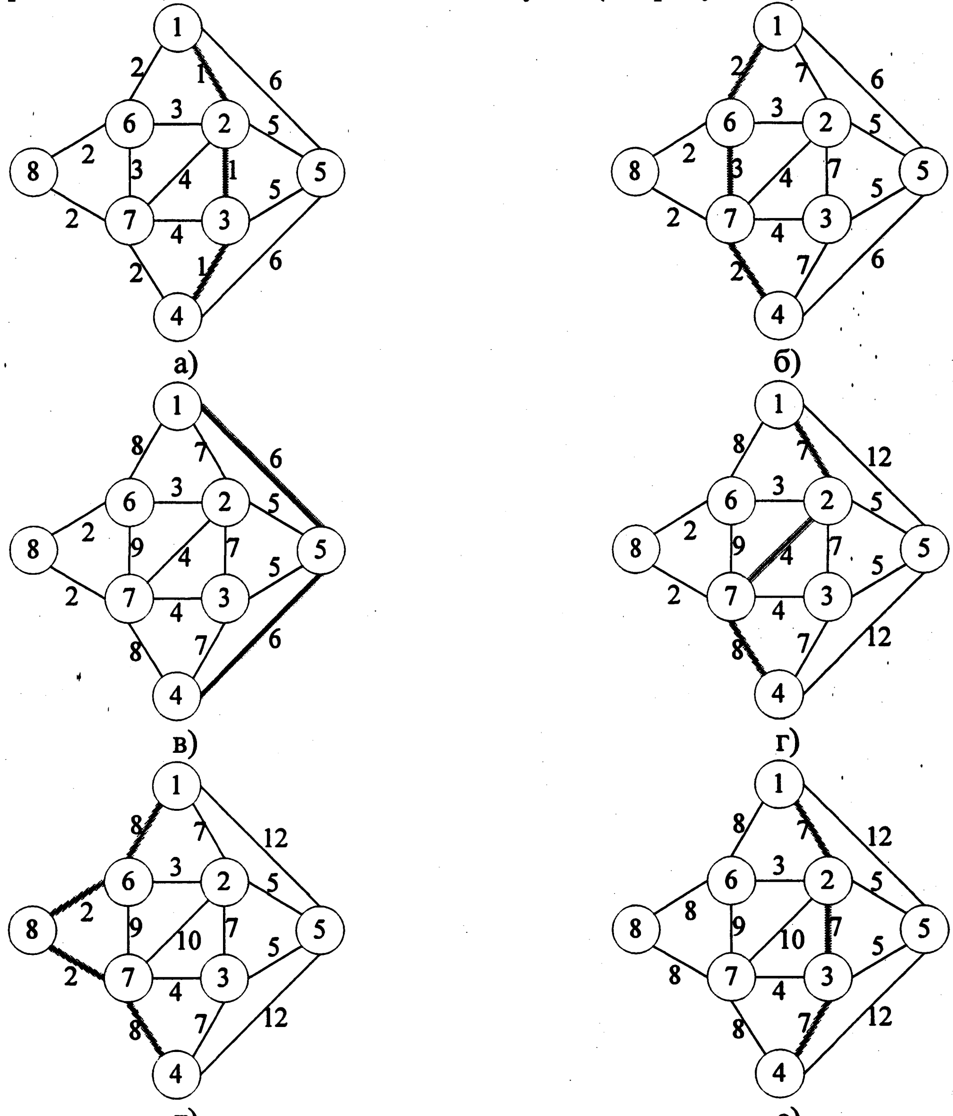

Рисунок 3. Алгоритм нахождения оптимальных путей по принципу исключения

Пусть имеем оптимальный путь 1-2-3-4, как показано на рисунке 3, а). Увеличиваем вес ребер, составляющих оптимальный путь, на величину, равную максимальному весу ребра в графе (в данном случае на 6) и ставим этим ребрам маркер модификации. После этого производим поиск кратчайшего пути в модифицированном графе. В результате получаем кратчайший путь 1-6-7-4, как показано на рисунке 3, б). Производим такие же преобразования для пути 1-6-7-4 и продолжаем поиск следующего кратчайшего пути. Так находим путь 1-5-4 (рисунок 3, в)), а затем 1-2-7-4 (рисунок 3, г)). Следует отметить, что для пути 1-2-7-4 увеличивается вес и выставляется маркер только для ребра 2-7, так как для ребер 1-2 и 7-4 маркер был выставлен на предыдущих итерациях. Поиск путей продолжается до тех пор, пока повторно не встретится уже найденный путь. В этом случае либо прекращается поиск, либо сбрасываются все маркеры и поиск начинают заново.

Принцип исключения применяется в случаях проектирования разнородных компоновок (компоновок состоящих из разных модулей), когда одна и та же база (начальная вершина) используется в качестве плацдарма для разнородных приспособлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р.. Алгоритмы: построение и анализ. М.: МЦНМО, 2000. – 960 с., 263 ил.

УДК 621.9

В. Г. Смирнов, С. С. Соколовский, К. Д. Венгер

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НОМИНАЛЬНО КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО КОНТРОЛЬНЫМ ТОЧКАМ

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В машиностроении часто используют функциональные элементы деталей формы тел вращения, среди которых широко представлены такие номинально криволинейные поверхности как тор, сфера, цилиндр. Контроль геометрических параметров таких элементов является сложной и трудоемкой измерительной задачей, поскольку они, как правило, имеют малую протяженность, и к ним предъявляются высокие точностные требования.

Нами была разработана новая методика расчета геометрических параметров поверхности, позволяющая производить расчет геометрических параметров по малому фиксированному количеству контрольных точек. При получении большего, чем минимально необходимого количества контрольных точек методика позволяет рассчитать геометрические параметры с большей точностью за счет сглаживания высокочастотных отклонений точек.

В основу методики положено использование аналитического моделирования реальных поверхностей, которое базируется на следующем условии: для каждой реальной поверхности всегда можно выделить низкочастотную и высокочастотные составляющие отклонения точек, характеризующие ее макрогеометрию (погрешность формы), причем высокочастотные отклонения точек пренебрежимо малы по сравнению с доминирующей низкочастотной составляющей (рис. 1). Здесь речь идет о некоторых предельных соотношениях между амплитудами высших и низших гармоник отклонения точек, формирующих реальную поверхность, при которых влиянием высших гармоник на суммарную погрешность измерения низкочастотного отклонения, принимаемого за погрешность формы, можно пренебречь. Для обоснования числовых значений таких предельных соотношений необходимо проведение экспериментальных исследований, имеющих соответствующую направленность.

Сформулированное выше условие позволяет при оценке отклонений формы выделенного класса объектов вместо реальных поверхностей использовать аналитические модели их аппроксимирующих поверхностей. Такие аппроксимирующие поверхности должны характеризовать низкочастотные отклонения точек реальных поверхностей и удовлетворять при этом следующим требованиям.

Во-первых, аппроксимирующие поверхности, выступающие в роли моделей реальных поверхностей деталей, должны сглаживать заменяемые реальные поверхности наилучшим образом, т. е. обеспечивать пренебрежимо малое несоответствие модели реальному объекту измерения.