

Поступило в редакцию 9 апреля 1984 г.

УДК 681.3 : 744

В. В. КРАВЧУК

(Куйбышев)

МИНИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖНО-ГРАФИЧЕСКОМ АВТОМАТЕ

Эффективность функционирования многих существующих систем автоматизированного проектирования в значительной степени определяется производительностью устройств вывода графической информации, в частности чертежно-графических автоматов (ЧГА). Относительно низкая производительность последних существенно снижает эффективность всей системы, приводя к большим задержкам в получении чертежно-графической документации.

В настоящем сообщении рассматривается задача минимизации холостых перемещений пишущего узла (ПУ) перьевого ЧГА при формировании изображения.

Будем считать, что чертеж представляет собой совокупность отрезков на плоскости, вычерчиваемых непрерывно от одной конечной точки до другой (условие непрерывного вычерчивания отрезков связано с требованиями, предъявляемыми к качеству формируемого изображения). Построим граф-модель чертежа. Для этого отрезкам чертежа поставим в соответствие ребра совершенного парасочетания M . Дополним построенное парасочетание до полного неориентированного графа $G(X)$, где X — множество вершин парасочетания. Пронумеруем вершины X так, чтобы выполнялось условие

$$(2i - 1, 2i) \in M, \quad i = \overline{1, N}.$$

Здесь N — количество ребер парасочетания M .

Обозначим через $c(i, j)$ длину отрезка, соединяющего точку i с точкой j . Теперь задачу минимизации холостых перемещений ПУ сформулируем следующим образом: в графе $G(X)$ найти множество ребер U , минимизирующее

$$\sum_{(i,j) \in U} c(i, j) \rightarrow \min \quad (1)$$

и удовлетворяющее ограничению

$$G_1(X, M \cup U) \text{ — эйлеров граф.} \quad (2)$$

Предполагая количество холостых перемещений минимальным, легко показать, что (2) можно заменить на одно из следующих условий:

- $G_1(X, M \cup U)$ — гамильтонов цикл;
- $G_1(X, M \cup U)$ — чередующийся цикл;
- $G_1(X, M \cup U)$ — цикл.

Из «а» и «б» следует, что U — совершенное парасочетание и $|U| = |M|$. Таким образом, задача минимизации холостых перемещений эквивалентна «задаче коммивояжера» с частично-фиксированными переходами, образующими совершенное парасочетание M .

Известные точные алгоритмы решения задачи коммивояжера имеют экспоненциальную временную сложность [1], что не позволяет использовать их в практических целях. Поэтому для решения поставленной задачи предлагается эвристический алгоритм, основанный на методе динамического программирования и допускающий параллельные вычисления. Временная сложность алгоритма составляет $O(N^4)$, емкостная — $O(N^2)$.

Рассмотрим предлагаемый алгоритм. При описании алгоритма будем использовать термин «чередующаяся цепь» [2], обозначающий цепь, в которой из каждой пары смежных ребер одно принадлежит парасочетанию M , другое — нет.

Шаг 1. Выбрать вершину i и ребро $(i, j) \in M$, положить $m = 3$.

Шаг 2. Построить чередующиеся цепи $S(i, k, m)$ длиной m , соединяющие вершину i с остальными вершинами и начинающиеся с ребра (i, j) .

Шаг 3. Увеличить m :

$$m = m + 2.$$

Шаг 4. Построить множество чередующихся цепей длиной m так, чтобы начальный отрезок, состоящий из первых $m - 2$ ребер каждой цепи, совпадал с одной из цепей $S(i, k, m - 2)$ длиной $m - 2$.

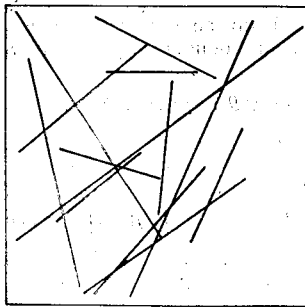


Рис. 1.

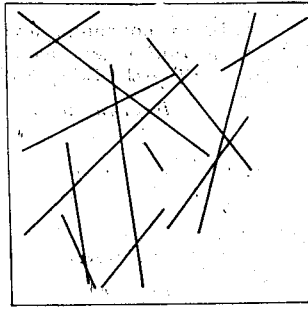


Рис. 2.

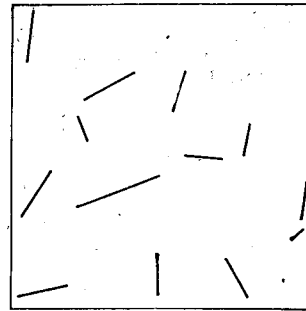


Рис. 3.

Шаг 5. Среди построенных чередующихся цепей, имеющих длину m и заканчивающихся в одной и той же вершине k , выбрать цепь минимального веса и обозначить ее $S(i, k, m)$.

Шаг 6. Если $m < 2N - 1$, то перейти к шагу 3.

Шаг 7. Каждую чередующуюся цепь $S(i, k, m)$ замкнуть в цикл, добавив одно ребро. Среди построенных циклов выбрать цикл с наименьшим весом.

Для устранения зависимости полученного цикла от начальной вершины последовательность шагов 1—7 выполняется, начиная с каждой вершины из X . Лучший из построенных таким образом циклов принимается за решение задачи.

По изложенному алгоритму была составлена программа на языке программирования Фортран-4, при помощи которой решался ряд тестовых задач с варьируемыми по статистическому закону исходными данными. Количество отрезков изменялось в диапазоне от 5 до 25. Результаты расчетов показали, что после оптимизации длина холостых перемещений уменьшается в среднем в три раза. На основании проведенных вычислений можно сделать вывод, что результат первой итерации (шаги 1—7) отличается от окончательного не более чем на 10%. Это позволяет в ряде практических случаев ограничиться одной итерацией, что сокращает время счета в $2N$ раз.

Следует также заметить, что получены точные решения в случаях, когда исходное изображение можно нарисовать, не поднимая ПУ.

На рис. 1 показано одно из тестовых изображений, состоящее из 13 отрезков, расположенных в квадрате 100×100 мм. На рис. 2 приведены случайные холостые перемещения. Результат работы предлагаемого алгоритма минимизации холостых перемещений представлен на рис. 3. Время решения этой задачи на ЭВМ СМ-4 составило 2,7 мин. Длина случайных холостых перемещений — 646,43 мм. После оптимизации длина холостых перемещений — 186,88 мм.

Рассмотренный в данной работе алгоритм может также использоваться при программировании станков с числовым программным управлением для минимизации холостых перемещений режущего инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. — М.: Мир, 1979.
2. Майника Э. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. — М.: Мир, 1981.

Поступило в редакцию 16 ноября 1984 г.

УДК 621.317.725.083.5.92.001.5

И. М. ВИШЕНЧУК

(Львов)

ИЗМЕРЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛА С КУСОЧНО-ПОЛИНОМИАЛЬНЫМИ ВЕСОВЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Наиболее точные электроизмерительные приборы широкого назначения строятся на базе цифровых вольтметров интегрирующего типа. Метод интегрирования позволил осуществить подавление сетевых помех нормального вида, превышающее в ряде приборов 70 дБ. Исследование путей дальнейшего повышения помехозащищенности потребовало применения концепции весовой функции [1]. Спектральный подход к оценке эффективности весовой функции (ВФ) позволяет, помимо подавления сетевых помех при измерении среднего значения, бороться с помехами, свойственными приборам для измерения других интегральных характеристик сигнала [2]. Наиболее перспективным для измерительных приборов представляется семейство