

В.С. Бизякина

(г. Казань, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИМИТАЦИИ ОТЖИГА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОИСКА КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

APPLICATION OF THE SIMULATED ANNEALING METHOD FOR AUTOMATION
OF SEARCHING THE SHORTEST WAY OF THE CUTTING TOOL

Рассматривается решение задачи поиска кратчайшего пути режущего инструмента на основе метода имитации отжига. Разработано информационное и математическое обеспечение задачи. Выполнена модификация алгоритма имитации отжига, для решения задачи поиска кратчайшего пути режущего инструмента. Проведено исследование эффективности метода имитации отжига для решения задачи поиска кратчайшего пути режущего инструмента.

This paper deals with the problem of finding the shortest path to the cutting tool based on simulation annealing method. Informational and mathematical support of the problem has been developed. A modification of the annealing simulation algorithm is performed to solve the problem of finding the shortest path for a cutting tool. The study of the efficiency of the simulated annealing method for solving the problem of finding the shortest path of the cutting tool has been carried out.

Ключевые слова: автоматизация, поиск кратчайшего пути, режущий инструмент, алгоритм имитации отжига.

Keywords: automation, finding the shortest path, cutting tool, simulated annealing.

Исходными данными задачи являются: карта раскроя и координаты точек врезки. В результате решения будет получен оптимальный маршрут режущего инструмента и вес этого маршрута.

Таким образом, задача поиска кратчайшего пути режущего инструмента формулируется следующим образом: на карте раскроя X расположено n точек врезки, между которыми есть расстояние, на котором режущий инструмент находится в состоянии холостого хода. Необходимо найти способ обойти все точки врезки так, чтобы длина холостого хода режущего инструмента была минимальной и внутренние точки врезки контура были посещены раньше внешних. [1]

Конечное множество контуров на карте раскроя обозначим как $S = \{c_1 \dots c_n\}$. При построении пути режущего инструмента, если применяется стандартная технология резки на каждом контуре c_i , необходимо выбрать единственную точку врезки $p_i = (x_i, y_i)$, $i = \overline{1, n}$. Так как контур является

непрерывной геометрической фигурой, состоящей из набора геометрических объектов, то точка врезки выбирается из конечного множества потенциальных точек врезки i -го контура $Q_i = \{q_{im_i} \dots q_{im_i}\}$. Для определения точек, которые составят конечный путь режущего инструмента, и формирования допустимой последовательности вырезания контуров, необходимо выполнить оптимизацию пути. В качестве метрики в данной задаче выступит евклидово расстояние между двумя точками на плоскости, определяемое по формуле (1)

$$L_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}, \quad (1)$$

где (x_i, y_i) – координаты первой точки, (x_i, y_i) – координаты второй точки.

Для задачи минимизации общей длины холостого хода режущего инструмента целевая функция – это сумма длин допустимых переходов между точками:

$$\min \left[L_{\text{общ.х.х}}(k) = \sum_{i=1}^{i=n-1} L_{i,i+1} + L_{n,1} \right].$$

Критерием является кратчайший путь [1].

На задачу наложены следующие ограничения:

1. Путь начинается и заканчивается в начале координатной системы.
2. Путь проходит только через одну точку каждого контура (точку врезки).

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

3. Внешний контур детали вырезается только после всех внутренних контуров.

Пусть S - контур обрабатываемой детали. Тогда, для каждого контура S допускается наличие внутреннего контура S^* , так что

$$\sum_i^K S \cdot < \sum_j^K S.$$

Контур может находиться внутри другого контура тогда и только тогда, когда $x_{min} \leq x \cdot min; y_{min} \leq y \cdot min; x_{max} \geq x \cdot max; y_{max} \geq y \cdot max$;

т.е. если минимальные значения координаты точек внешнего контура меньше минимальных значений координат точек внутреннего контура, и максимальные значения координат точек внутреннего контура меньше максимальных значений координат точек внешнего контура.

Таким образом, в общую длину пути включается расстояние между всеми внутренними контурами [2].

Для решения данной задачи был выбран алгоритм имитации отжига. Основан на моделировании физического процесса отжига металла, даёт близкое к точному решению за счёт вероятностного перехода к худшему решению.

Алгоритм включает следующие шаги:

1. Задание начальной температуры.
2. Вычисление целевой функции.

3. Понижение температуры.

4. Проверка условия допустимости.

5. Если условие 4 соблюдено, то принимается решение о дальнейшем преобразовании, иначе вычисляется критическая величина и случайное число для сравнения. Если критическая величина больше случайной величины, то маршрут принимается, в противном случае - возврат к предыдущему маршруту.

6. Проверка условия окончания.

Временная сложность составляет $O(n^2 \cdot \log(n))$.

Достоинства: эффективность вычисления; модифицируемость, позволяющая добиться большего эффекта при вычислении.

Недостатки: из-за вероятностной природы может дать некорректный результат при нахождении локального минимума [3].

В результате выполнения работы были получены следующие результаты:

Таблица 1. Результаты исследования эффективности алгоритма имитации отжига

| № | Количество точек | Исходное решение | Оптимальное решение |
|---|------------------|------------------|---------------------|
| 1 | 5 | 906,65 | 906,65 |
| 2 | 10 | 2587,65 | 2587,65 |
| 3 | 15 | 2513,45 | 1833,55 |
| 4 | 20 | 2900 | 2287 |
| 5 | 25 | 4222 | 3222 |

Таблица 2. Результаты исследования эффективности алгоритма имитации отжига

| № | Количество точек | Математическое ожидание | Дисперсия |
|---|------------------|-------------------------|-----------|
| 1 | 5 | 1190,2 | 27222 |
| 2 | 11 | 3522,2 | 75133 |
| 3 | 21 | 5503,4 | 72218 |

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод, что при небольших объёмах данных алгоритм находит оптимальное решение, а с увеличением их объёма - близкое к оптимальному. Следовательно, применение алгоритма имитации отжига для решения данной задачи обосновано.

Список литературы

1. Мурзакаев, Р.Т. Применение метаэвристических алгоритмов для минимизации длины холостого хода режущего инструмента / Р.Т. Мурзакаев, В.С.Шилов, А.В.Бурылов // Вестник ПНИПУ Электротехника, информационные технологии, системы управления. - 2015. - №14. - С.123 -136.

2. Верхотуров, М.А. Математическое обеспечение задачи оптимизации пути режущего инструмента при плоском фигурном раскрое на основе цепной резки/ М.А. Верхотуров, П.Ю. Тарасенко // Вестник УГАТУ (Уфимский авиационный технический университет). Управление, вычислительная техника и информатика. – Уфа: Изд-во УГАТУ, 2008. – Т.10. – № 2 (27). – С. 123–130.

3. Skiena, S.S. The Algorithm Design Manual / S.S. Skiena // Springer-Verlag London Limited- 2008.-P.254-260.

Материал поступил в редколлегию 12.10.20.