

УДК 681.5.015

ФОРМИРОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНФИГУРАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ

И. Э. ИЛЮШИН, М. М. КОЖЕВНИКОВ, А. В. ГОСПОД
УО «МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»
Могилев, Беларусь

Рассмотрим робот-манипулятор, имеющий n поворотных сочленений, в рабочей зоне которого расположено некоторое множество препятствий $V = \{V_1, V_2, \dots, V_m\}$. В качестве препятствий выступают сварные конструкции и технологическая оснастка. Первое звено робота l_1 связано через сочленение g_1 с базой, которая зафиксирована в рабочем пространстве. Звено l_1 связано через сочленение g_2 с звеном l_2 . Звено l_{i-1} связано со звеном l_i через сочленение g_i ($i = 1:n$) (рис. 1). Конфигурацию этого робота зададим в виде вектора $q = [q_i]^T$, где q_i – величины углов в сочленениях. Полное конфигурационное пространство робота определяется как множество всех возможных конфигураций робота, включая те, при которых имеют место столкновения с препятствиями $C = \{q\}$. Зададим геометрическую модель робота-манипулятора, установленного в конфигурацию q , в виде множества $M(q)$. Тогда свободное от столкновений конфигурационное пространство определяется как:

$$C_f = \{q \in C \mid M(q) \cap V = \emptyset\}.$$

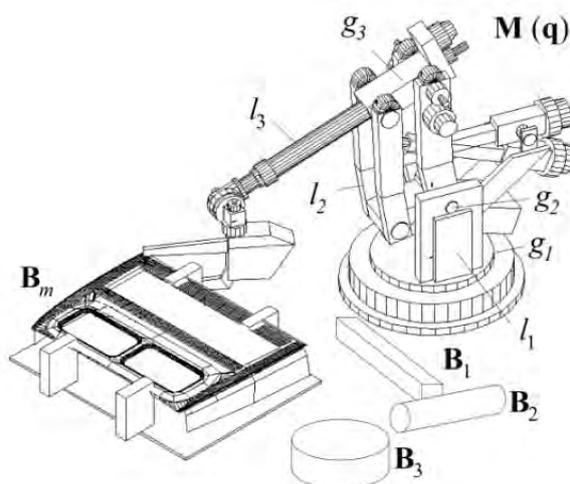


Рис. 1. Робот-манипулятор в среде с препятствиями

Для описания конфигурационного пространства робота-манипулятора применена модель, представленная в виде неориентированного графа

$R = (V, E)$. Вершины V этого графа представляют собой множество свободных от столкновений конфигураций робота, координаты которых являются случайными величинами. Формирование множества V осуществляется следующим образом: генерируется случайная конфигурация робота-манипулятора и выполняется тест столкновения робота с препятствиями. Если столкновения нет, то конфигурация добавляется в множество V , в противном случае она отбрасывается. Ребрам E графа ставятся в соответствие прямолинейные участки траекторий между соседними свободными от столкновений конфигурациями.

Предложенный метод формирования статистической модели робота-манипулятора предполагает реализацию следующих этапов.

1. Генерируется множество V , состоящее из N_{max} свободных от столкновений конфигураций робота-манипулятора.

2. Выполняется поиск прямолинейных участков траекторий между соседними конфигурациями q_i, q_j , и найденные участки заносятся в множество E .

3. Если между соседними конфигурациями q_i, q_j нет прямолинейного участка траектории, и эти конфигурации находятся в зоне, насыщенной препятствиями, то выполняется поиск криволинейного участка траектории между q_i и q_j , дискретизированного топологически упорядоченной решеткой G . Если такой участок траектории найден, то он добавляется в граф R .

4. Формирование множества E выполняется путем циклического повторения шагов 2, 3 K_{max} раз.

5. Выполняется поиск кратчайшего пути на графе R .

Исследование эффективности предложенных методов и алгоритмов выполнялось в экспериментальной среде автономного программирования сборочно-сварочных роботов-манипуляторов. В качестве объекта исследования использовалась роботизированная ячейка для дуговой сварки металлической конструкции, состоящей из 9 труб. Ячейка включает робота-манипулятор KR125, оснащенный сварочной горелкой. На трехмерную модель металлоконструкции нанесено 14 сварных швов, имеющих форму эллипса, изогнутого в пространстве. Предложенный алгоритм формирования статистической модели позволил выполнить синтез свободных от столкновений траекторий робота-манипулятора, обеспечивающих движение сварочной горелки вдоль каждого из 14 швов. На основе полученных траекторий сформированы технологические программы сварки на языке программирования робота SRCL (Siemens Robot Control Language). Тестирование этих программ в экспериментальной среде автономного программирования сборочно-сварочных роботов-манипуляторов показало, что они обеспечивают свободное от столкновений движение робота-манипулятора. Анализ результатов данных экспериментов позволяет сделать вывод о том, что предлагаемый подход эффективен для формирования статистических моделей конфигурационного пространства.