

ОПТИМАЛЬНЫЕ ТРАЕКТОРИИ СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ РОБОТОВ В ПРОСТРАНСТВЕ КООРДИНАТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА

Господ А. В.

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, Белорусский государственный технологический университет
Минск, Республика Беларусь
E-mail: gospod_andrei@mail.ru

Предложен новый метод планирования траекторий сборочно-сварочных роботов в пространстве координат технологического инструмента исходя из критерия «качества», основанный на точных трехмерных моделях технологического инструмента и звеньев робота-манипулятора.

Эффективное внедрение и использование роботизированных технологических комплексов (РТК) тесно связано с созданием систем автономного программирования роботов. При этом одной из наиболее трудоемких задач является планирование траектории манипулятора в рабочей среде с препятствиями. Эта задача заключается в нахождении последовательности локаций робота, движение по которым не приводит к столкновениям с препятствиями, причем начальная и целевая конфигурация заданы заранее.

Большинство современных методов планирования траектории промышленных роботов основаны на модели конфигурационного пространства манипулятора, заданной в виде дискретного множества свободных от столкновения конфигураций. Это множество формируется на основе вероятностных алгоритмов [1-3] либо детерминистических [4-5].

В данной работе предложен новый метод планирования роботом-манипулятором, основанный на использовании точных трехмерных моделей. Такой метод позволяет эффективно учесть сложную форму препятствий в промышленных РТК и синтезировать программные движения робота без предварительной проверки его движений на соответствие ограничениям, что обеспечивает приемлемое для практики количество проверок на столкновение при фиксированном шаге дискретизации.

В пространстве координат технологического инструмента определена последовательность промежуточных точек (см. рис. 1):

$$q_1 = [q_{11} \dots q_{1n}]^T, \dots, q_p = [q_{p1} \dots q_{pn}]^T \quad (1)$$

где n – число степеней свободы робота-манипулятора, p – количество промежуточных точек. В качестве критерия определяющего «качество» локации сборочно-сварочного манипулятора применим скалярную свертку вида:

$$f = \left(1 + \sum_{i=1}^n w_i e_i \right) + \sum_{j=1}^l w_j e_j \quad (2)$$

где e_i – ошибки положения манипулятора в искусственном потенциальном поле, характери-

зующие расстояние между звеньями робота и препятствиями, e_j – ошибки положения манипулятора, характеризующие расстояние между стартовым и целевым положением звена робота, w_i, w_j – весовые коэффициенты. Тогда задача планирования оптимальных траекторий сборочно-сварочных роботов в пространстве координат технологического инструмента может быть сформулирована следующим образом: в пространстве координат технологического инструмента между промежуточными точками (1) определить участки траекторий, на которых достигается экстремума критерий оптимальности (2)

Так, например, на рисунке 1 показана последовательность промежуточных точек $q_1 \dots q_8$. В этом случае задача планирования траектории сводится к определению свободных от столкновений с технологической оснасткой и сварной конструкцией участков траекторий.

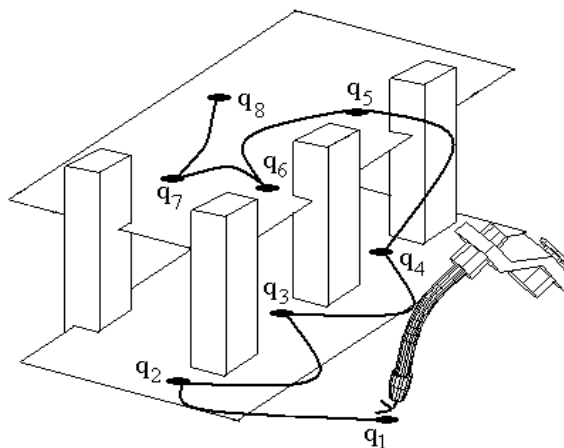


Рис. 1 – Планирование траекторий между промежуточными точками, заданными в пространстве координат технологического инструмента

Предложенный метод состоит в следующем. Рассмотрим трехмерную модель звена манипулятора (см. рис. 2), и определим зоны сканирования в виде параллелепипедов $\Pi_n (n = 1 \dots \tilde{n})$. Обозначим кратчайшее расстояние между препятствием O и звеном манипулятора d_n , текущую локацию технологического инструмента установ-

ленного на манипуляторе с m степенями свободы обозначим, как $q = [q_1 \dots q_m]^T$ и целевую как $q^g = [q_1^g \dots q_m^g]^T$. Текущее отклонение технологического инструмента от целевой локации оценивается на основе нормы вида:

$$\Delta q^g = \|q - q^g\|$$

Тогда зададим систему правил движения манипулятора относительно препятствия O в виде (3)

где $r = 1 \dots (2^n - 1)$ – номер правила; A_l^n – фиксированные значения расстояния между препятствием в зоне сканирования Π_n и звеном ($l = 1 \dots \tilde{l}$); B_k – фиксированные значения отклонений от целевой локации ($k = 1 \dots \tilde{k}$); $C_{k \times \tilde{l}}^r$ – вектор, задающий приращения координат технологического инструмента.

Таким образом, входное пространство правила задается двумя скалярными величинами – кратчайшим расстоянием d_n между звеном робота и препятствием и отклонением технологического инструмента от целевой конфигурации. Выход правила представляет собой участок траектории технологического инструмента Δq вычисляемый путем поиска экстремума критерия «качества» (2). Аналогичные правила формируются для каждой из зон сканирования, а также для случаев, когда препятствия могут размещаться одновременно в нескольких зонах сканирования.

Общее количество правил составляет $r = 2^N - 1$. В случае если ни одно из препятствий не попало в зону сканирования, то

ни одно из правил не активно, и реализуется максимально допустимый участок траектории технологического инструмента

$$\Delta q_{max} = [\Delta q_{1max} \Delta q_{2max} \dots \Delta q_{mmmax}]^T \quad (4)$$

Таким образом, свободная от столкновений траектория робота-манипулятора в пространстве координат технологического инструмента формируются на основе (3) и (4) до тех пор пока $\Delta Dot \neq 0$, т.е. целевая локация технологического инструмента достигнута.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Choset, H. Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations / H. Choset, K. M. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor, W. Burgard, L. E. Kavraki, S. Thrun. – MIT Press. Boston, 2005. – 680 p.
2. Sucas I. A., Kavraki L. E. On the Performance of Random Linear Projections for Sampling-Based Motion Planning // IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. St. Louis. MO. USA, 2009. P. 2434-2439
3. Hauser K., Latombe J. C. Integrating task and PRM motion planning: Dealing with many infeasible motion planning queries. ICAPPS09 Workshop on Bridging the Gap between Task and Motion Planning. Thessaloniki. Greece, 2009
4. LaValle, S. M. On the relationship between classical grid search and probabilistic roadmaps. / S.M. LaValle, M. Branicky, S.R. Lindemann // International Journal of Robotic Research.–2004.– № 23(7/8).– P. 673-692.
5. Erickson L. H., LaValle S. M. Survivability: Measuring and ensuring path diversity Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation. Kobe. Japan, 2009. P. 2068-2073

$$R_1^r: \text{ if } d_n = A_1^n \text{ and } \Delta q^g = B_1, \text{ then } \Delta q = C_1^r,$$

$$\vdots$$

$$R_{k \times \tilde{l}}^r: \text{ if } d_n = A_l^n \text{ and } \Delta q^g = B_{\tilde{k}}, \text{ then } \Delta q = C_{k \times \tilde{l}}^r,$$

(3)

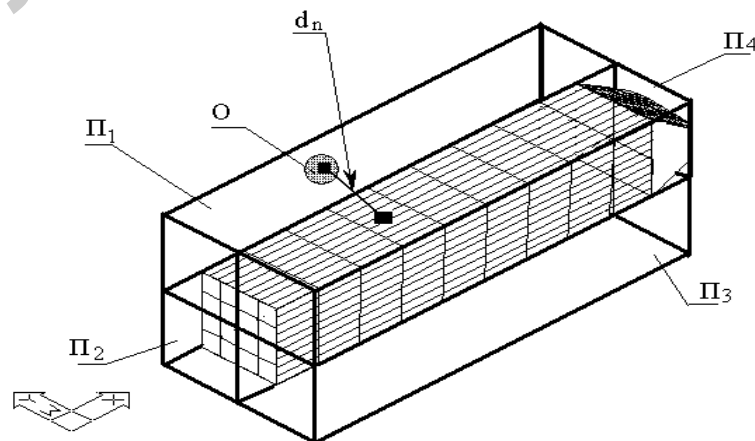


Рис. 2 – Схематическое изображение трехмерной модели звена робота-манипулятора с заданными зонами сканирования