

ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНФИГУРАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

Кожевников М. М., Чумаков О. А., Илюшин И. Э.

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств, Могилевский государственный университет продовольствия

Кафедра систем управления, Беларусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Могилев, Минск, Республика Беларусь

E-mail: kmmk@mail.ru, olegchymakov@bsuir.by, CRUSH-wciitft@yandex.ru

Предложены новые методы планирования оптимальных траекторий робота-манипулятора в конфигурационном пространстве и пространстве координат технологического инструмента. Разработанные алгоритмы реализованы программно.

ВВЕДЕНИЕ

При создании современных промышленных роботизированных технологических комплексов, особенно в автомобильной и автотракторной промышленности [1], часто приходится сталкиваться с проблемами планирования траекторий сборочно-сварочных роботов-манипуляторов в рабочей среде с препятствиями. По данному вопросу существует ряд серьезных наработок, однако стоит отметить, что далеко не всегда коммерческие САД/САМ-системы способны учесть все нюансы поставленной задачи, и в большинстве случаев приходится прибегать к применению типовых решений, которые проверяются путем геометрического моделирования. Это решает некоторые проблемы, однако создает новые: подход очень трудоемкий, а те ошибки, которые появляются в результате наладки, приводят к застою производства, ведь на их устранение и повторное перепрограммирование комплекса уходит немало времени. Поэтому в данном направлении продолжают вестись исследования, и актуальность данной работы становится очевидной.

I. СИНТЕЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНФИГУРАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ РОБОТОВ

Рассмотрим конфигурационное пространство робота с n степенями свободы, обозначим его как S . Будем считать, что конфигурационное пространство нормализовано. Пусть S есть множество свободных от столкновений конфигураций робота (свободное от столкновений конфигурационное пространство). Если задана пара конфигураций, которые являются стартовой и целевой, то задача планирования траектории состоит в следующем: необходимо найти непрерывную траекторию такую, что начальному положению будет соответствовать стартовая конфигурация, а конечному – целевая. И поскольку вычисление S представляет значительную труд-

ность, то для приближенного описания данного множества используются его статистические модели.

Задача синтеза статистической модели конфигурационного пространства может быть сформулирована следующим образом: в свободном конфигурационном пространстве робота S определить подмножество случайных конфигураций и множество соединяющих их траекторий при ограничениях на точность позиционирования и ограничениях на ориентацию инструмента. В данной работе предложен метод синтеза статистической модели конфигурационного пространства на основе точных трехмерных САД-моделей сборочно-сварочного робота-манипулятора и препятствий. Предложенный метод синтеза основан на задании модели конфигурационного пространства в виде графа $R=(V, E)$, где V – множество свободных от столкновений конфигураций робота манипулятора, E – множество прямолинейных траекторий соединяющих свободные от столкновения конфигурации [2]. Задача синтеза решается путем последовательной дискретизации n - мерного конфигурационного пространства робота и выполнением теста на допустимость для каждой дискретной конфигурации.

II. ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ В КОНФИГУРАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Задача планирования траектории манипулятора в рабочей среде с препятствиями заключается в нахождении последовательности локаций робота, движение по которым не приводит к столкновениям с препятствиями, причем начальная и целевая конфигурации заданы заранее (см. рис. 1). Большинство современных методов и алгоритмов планирования траектории, основаны на модели конфигурационного пространства робота-манипулятора, заданной в виде дискретного множества свободных от столк-

новений конфигураций. Существует ряд подобных методов, однако общим недостатком всех алгоритмов планирования траекторий основанных на генерации случайных конфигураций является то, что траектория робота может быть найдена за конечное время лишь с определенной вероятностью, т.е. свойство «полноты» решения также обеспечивается лишь с определенной вероятностью. В последние годы предложено ряд методов планирования траекторий обеспечивающих свойство «полноты» решения в конфигурационном пространстве, которое дискретизировано с фиксированным разрешением. И зачастую эти методы куда эффективнее вероятностных. Однако известные нейросетевые алгоритмы предполагают дискретизацию конфигурационного пространства с очень высоким разрешением, чтобы обеспечить существование прямолинейных участков траекторий (связанность) между узлами сетки дискретизации. Это ведет к тому, что количество тестов столкновения при планировании растет экспоненциально с ростом размерности конфигурационного пространства.

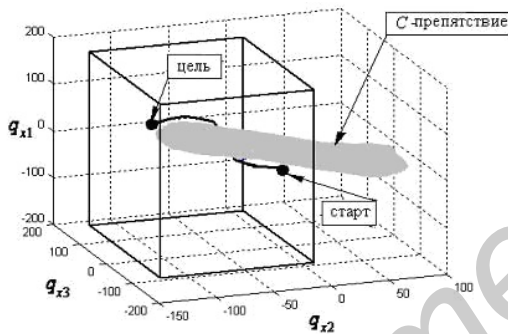


Рис. 1 – Свободная от столкновения траектория между конфигурациями

В данной работе предложен новый метод планирования траекторий роботов-манипуляторов в рабочей среде с препятствиями, основанный на детерминистической дискретизации конфигурационного пространства, обеспечивающей свойство «полноты» решения [3]. В отличие от известных этот метод учитывает сложную форму препятствий характерную для сборочно-сварочных роботизированных комплексов. Предложенный подход основан на топологически упорядоченной нейронной сети, которая моделирует весовую функцию, характеризующую расположение робота-манипулятора относительно препятствий. В соответствии с этим подходом первоначально генерируется приближенная траектория робота, конфигурационное пространство которого дискретизировано с низким разрешением, а также предполагается отсут-

ствие столкновений при движении робота между узлами сетки дискретизации. Если при движении робота по такой траектории зафиксировано столкновение, то матрица связей в нейронной сети модифицируется и генерируется новая траектория при неизменном разрешении сетки дискретизации. Такой процесс повторяется до тех пор, пока свободная от столкновений траектория найдена, либо предельное число итераций достигнуто. Последнее означает, что необходимо увеличить разрешение сетки дискретизации и повторить процесс поиска траектории.

III. ПЛАНИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА

В общем случае задача планирования траектории технологического инструмента заключается в определении последовательности векторов, задающих приращения обобщенных координат, которая реализует свободную от столкновения траекторию между стартовой и целевой локациями. Данная задача может быть решена различными путями, объем вычислений при решении данной задачи зависит от сложности формы препятствий, а также конструкции манипулятора. Существующие методы планирования траекторий роботов в пространстве координат технологического инструмента основаны на упрощенных моделях технологического инструмента, роботов и препятствий. Данные методы не позволяют учесть особенности сборочно-сварочных РТК и технологические требования при сварке и сборке. Поэтому в данной работе предложены новые методы и алгоритмы планирования траекторий в пространстве координат технологического инструмента, основанные на точных трехмерных САД моделях РТК, и позволяющие учесть технологические особенности роботизированной сборки и сварки.

Предложенные алгоритмы планирования оптимальных траекторий роботов реализованы программно на языке программирования C++ и интегрированы в САПР ROBOMAX.

1. Pires, J. N. Welding robots: technology, systems issues and applications / J. N. Pires, A. Loureiro, G. Bolmisjo. – Springer-Verlag London Limited, 2006. – 192 p.
2. Kavraki, L. E. Probabilistic roadmaps for path planning in high-dimensional configuration spaces / L. E. Kavraki, E. P. Svestka, J. C. Latombe, M. H. Overmars // IEEE Trans. Robot. and Autom. – 1996. – №12(4). – P. 566-580.
3. Latombe, J. C. Robot Motion Planning / J.-C. Latombe. – Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 1991. – 651p.