

УДК 681.5.015
МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ СВАРОЧНЫХ РОБОТОВ
ПРИ НАЛИЧИИ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ОРИЕНТАЦИЮ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА

М. М. КОЖЕВНИКОВ, Н. И. УЛЬЯНОВ
Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»
Могилев, Беларусь

Одной из наиболее трудоемких задач при создании роботизированных технологических комплексов (РТК) сварки является задача планирования траекторий роботов-манипуляторов в среде с препятствиями. Такие проблемы возникают на производствах, где сварочные операции составляют 40–50 % в объеме общей трудоемкости, поэтому создание легко переналаживаемого оборудования на базе промышленных роботов-манипуляторов является экономически целесообразным. Актуальность этой проблемы для Республики Беларусь обусловлена необходимостью в техническом переоснащении сварочных технологических процессов с целью повышения их эффективности, что включает в себя улучшение качества сварных конструкций, рост производительности и гибкости производства.

Большинство известных алгоритмов планирования траектории сварочных роботов, основаны на модели его конфигурационного пространства, заданной в виде дискретного множества свободных от столкновений локаций технологического инструмента. Эти локации генерируются, как правило, случайным способом. Общим недостатком 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 ряде работ показано, что при работе сварочного манипулятора в среде с препятствиями сложной формы методы планирования, основанные на детерминистических схемах дискретизации конфигурационного пространства гораздо более эффективны по сравнению с вероятностными методами, вследствие их гарантированной сходимости за конечное число итераций. Однако детерминистические 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. С другой стороны вероятностные алгоритмы позволяют обойти проблему размерности, но не учитывают форму препятствий, звеньев манипулятора и

ограничения на ориентацию технологического инструмента, что приводит к реализации траекторий крайне низкого «качества» с большим объемом движений, причем сходимость достигается, только с некоторой вероятностью.

В данной работе предложен новый метод планирования траекторий сварочных роботов-манипуляторов в рабочей среде с препятствиями, основанный на детерминистической дискретизации конфигурационного пространства, обеспечивающей свойство «полноты» решения. В отличие от известных этот метод учитывает сложную форму сварных конструкций и технологические ограничения на ориентацию технологического инструмента. Предложенный подход основан на топологически упорядоченной нейронной сети, которая моделирует весовую функцию, характеризующую расположение сварочного робота-манипулятора относительно препятствий и технологических ограничений. В соответствии с этим подходом первоначально генерируется приближенная траектория робота, конфигурационное пространство которого дискретизировано с низким разрешением, а также предполагается отсутствие столкновений при движении робота между узлами сетки дискретизации. Если при движении робота по такой траектории зафиксирован выход за технологические ограничения, либо столкновение, то матрица связей в нейронной сети модифицируется и генерируется новая траектория при неизменном разрешении сетки дискретизации. Такой процесс повторяется до тех пор, пока траектория сварочного робота найдена, либо предельное число итераций достигнуто. Последнее означает, что необходимо увеличить разрешение сетки дискретизации и повторить процесс поиска траектории. Такой метод, в отличие от известных, позволяет генерировать траектории робота без предварительной проверки его движений на столкновение и проверки выхода за технологические ограничения, что обеспечивает приемлемое количество тестов столкновения при сохранении свойства «полноты» при фиксированном шаге дискретизации.

Разработанный алгоритм реализован программно и тестировался в экспериментальной системе автономного планирования траекторий сварочных роботов. На основе моделирования выполнена оценка показателей эффективности работы предложенного алгоритма и его сравнение с известными алгоритмами планирования. В докладе приведены результаты сравнительной оценки эффективности.

Эффективность предложенного алгоритма подтверждается примерами практического применения при планировании траекторий промышленных роботов-манипуляторов РМ-01 и KR-125 в системе автономного программирования сварочных РТК.