

УДК 681.5.015
МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ В
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СБОРКИ

М. М. КОЖЕВНИКОВ, А. В. СТАРОВОЙТОВ, Л. А. ЛОБОРЕВА

Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»
Могилев, Беларусь

Одной из важных задач при разработке роботизированных технологических комплексов является задача автоматического управления манипуляционными системами при наличии технологических ограничений. Такие задачи возникают на производствах с большим удельным весом сборочных операций, и создание легко перенастраиваемого манипуляционного оборудования на базе промышленных роботов-манипуляторов является экономически целесообразным. Актуальность этой проблемы для Республики Беларусь обусловлена необходимостью в техническом переоснащении сборочных технологических процессов с целью повышения их эффективности, что включает в себя улучшение качества сборочных конструкций, рост производительности и гибкости производства.

Большинство известных методов управления сборочными манипуляционными системами, 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 методов управления сборочными манипуляционными системами, основанными на генерации случайных конфигураций, является то, что программа управления роботом 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 сборочного манипулятора в среде с препятствиями сложной формы методы управления, 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 методы 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 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 управления сборочной манипуляционной системой, основанный на использовании нейронной сети, которая моделирует весовую функцию, характеризующую расположение манипуляционной системы относительно технологического оборудования и предметов манипулирования. Такой подход в отличие от известных позволяет синтезировать движения манипулятора без предварительной проверки его движений на соответствие ограничениям накладываемым технологическим процессом сборки, что обеспечивает приемлемое практики количество проверок при фиксированном шаге дискретизации.

В соответствии с предложенным подходом первоначально генерируется приближенная траектория движения манипуляционной системы, конфигурационное пространство которой дискретизировано с низким разрешением, а также предполагается отсутствие ограничений при движении между узлами сетки дискретизации. Если при движении манипуляционной системы такой траектории зафиксирован выход за пределы ограничений, то матрица связей в нейронной сети модифицируется и генерируется новая траектория движения при неизменном разрешении сетки дискретизации. Такой метод, в отличие от известных, позволяет генерировать программные траектории робота без предварительной проверки его движений на столкновение и проверки выхода за технологические ограничения, что обеспечивает приемлемое практики количество тестов столкновения при сохранении свойства «полноты» при фиксированном шаге дискретизации.

Разработанный метод алгоритмизирован и реализован программно. Тестирование проводилось в экспериментальной системе автономного программирования сборочных роботов. На основе моделирования выполнена оценка показателей эффективности работы предложенного метода и его сравнение с известными методами управления манипуляционными системами для роботизированной сборки. В работе приведены результаты сравнительной оценки эффективности.

Эффективность предложенного алгоритма подтверждается примерами практического применения при построении программных траекторий движения сборочных манипуляционных систем на базе роботов-манипуляторов FANUC.