

УДК 519.688

Д.А.Павлов (5 курс, каф. ПМиИ), С.Ю.Жуков, к.т.н., доц.

## ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ МНОГОЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА В ТРЁХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Задача навигации (то есть построения траектории движения робота) – одна из самых популярных в робототехнике – традиционно считается задачей искусственного интеллекта. Человек в большинстве случаев с лёгкостью планирует движение тела или системы тел при наличии препятствий, тогда как вычислительные машины справляются с этой задачей с трудом.

В работе в качестве интеллектуального агента (или робота) рассматривается многозвенный манипулятор,двигающийся в пространстве с неподвижными препятствиями. Движение такого объекта человеку сложно представить (из-за большого количества степеней свободы и сильно меняющейся формы агента).

Манипулятором будем считать конструкцию из  $N$  вращающихся звеньев с  $N$  степенями свободы, не имеющую кинематических ограничений. Конфигурацией манипулятора назовём набор  $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N)$  вещественных значений углов, полностью определяющих его конфигурацию. Пространством конфигураций (CS) манипулятора является  $S^N$ , где  $S = [0, 2\pi)$ .

Движение манипулятора может описываться любой непрерывной кривой в допустимом подмножестве пространства конфигураций. Допустимость конфигурации определяется геометрическими параметрами звеньев и статических препятствий в рабочем пространстве: ни одно звено не должно пересекать ни препятствий, ни других звеньев (за исключением двух соседних).

Цель работы состоит в том, чтобы создать обучаемую систему навигации манипулятора, выполняющую множественные запросы планирования пути. Система должна быстро адаптироваться к произвольным параметрам манипулятора и рабочего пространства, накапливать результаты, полученные при выполнении запросов и самообучаться в «свободное время».

Среди множества подходов, используемых для решения задач навигации интеллектуальных агентов, наиболее эффективным оказался подход, использующий т.н. навигационные карты [1]. Навигационная карта – это совокупность трёх понятий: алгоритма прохождения, алгоритма ассоциации и графа достижимости. В работе предложен алгоритм прохождения для манипулятора AdaptiveCD и простой алгоритм ассоциации, работающий с зонами рабочего пространства, отвечающим критерию взаимной достижимости. Предложен эффективный алгоритм построения навигационной карты для манипулятора, максимально использующий свойство «наращиваемости» манипулятора – зависимость положения  $k$ -го звена от предыдущих и независимость от последующих. Параллельно с навигационной картой для  $N$ -звенного манипулятора строятся навигационные карты для 1-, 2-, ...,  $(N-1)$  – звенных манипуляторов, полученных из исходного убираанием звеньев («сверху вниз», т.е. с сохранением тех звеньев, которые ближе к основанию). Разработан алгоритм фокусированного обновления навигационной карты, т.е. достройки существующей карты с учётом уже имеющихся данных и с максимальной «фокусировкой» на текущий запрос. Предложены эвристики, позволяющие существенно ускорить время построения. Получены оценки сложности алгоритма построения и ёмкости навигационной карты.

Все полученные результаты реализованы в демонстрационной программе.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Жуков С.Ю. “Навигация интеллектуальных агентов в сложных синтетических пространствах”. Диссертация на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.