

УДК 004.853; 004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ МНОГОЗВЕННЫХ ШАГАЮЩИХ РОБОТОВ

В.А. Данилов (vldanilov90@gmail.com)

С.А.К. Диане (diane1990@yandex.ru)

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук, Москва

Аннотация. Предложена структура адаптивной системы управления многозвенным шагающим роботом. Разработана виртуальная модель робота, сочетающая трёхмерное визуальное представление робота и динамику его перемещения в заданных системах координат.

Ключевые слова: шагающий робот, многозвенный робот, обучение с подкреплением, имитационное моделирование

Введение

Целью данной работы является разработка математической модели движения шагающего робота и алгоритмов адаптации данной модели в условиях неопределенности кинематической схемы и условий внешней среды.

Предложенная математическая модель шагающего робота состоит из трех основных подмоделей, выполняющих различные функции: модель прямой кинематики, модель обратной кинематики и динамическая модель.

Особенностью динамической модели для шагающих роботов является необходимость построения так называемой «контактной модели», которая служит для описания сил, действующих на стопы шагающего аппарата, со стороны опорной поверхности.

1 Архитектура экспертной системы управления

Исполнительные органы проектируемого робота имеют инсектоморфную форму и, соответственно, имеют три звена и три системы координат. Исходя из этого, необходимо получить три матрицы преобразования для каждого сочленения. Наиболее простым и эффективным способом для их получения является представление в параметрах Денавита-Хартенберга.

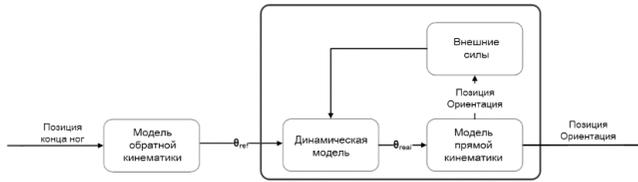


Рис. 1. Экспертная система управления шагающим роботом

На основе выбранного типа конструкции шагающего робота возможно решение прямой задачи кинематики с использованием геометрического подхода, где пространственная геометрия конечностей раскладывается на простые геометрические задачи на плоскости.

Решение обратной задачи кинематики позволяет передвигать конечности робота в положения, определяемые выбранным алгоритмом движения.

В свою очередь, реализация алгоритма движения для конкретной модели шагающего робота зависит от числа подвижных конечностей. В частности, для четырехногого и шестиногого роботов возможны поочередная и диагональная схема передвижения ног.

Наряду с кинематикой передвижения требуется учитывать внешние силы, приложенные к роботу со стороны поверхности перемещения и иных объектов внешней среды. Это обуславливает необходимость внедрения динамической модели робота в контур экспертной системы управления [Danilov, 2020], архитектура которой представлена на рис. 1.

2 Управление роботом в режиме обучения с подкреплением

Компенсация неопределенностей в процессе взаимодействия робота с внешней средой возможна за счет добавления интеллектуальной надстройки к системе управления роботом. Так, на рис. 2. интеллектуальный агент взаимодействует со средой (включающей в том числе и робота) и формирует корректирующие сигналы для базовой системы управления на основе алгоритма DDPG [Fujimoto, 2018].

В состав агента входят критик, исполнитель и компаратор. Критик – подсистема, оценивающая целесообразность действия в текущей ситуации. Исполнитель – модуль ситуационного управления, настраиваемый по информации, получаемой от критика. Компаратор – модуль сравнения сигнала критика с эталонным значением вознаграждения агента $R(s,a)$.

Функция вознаграждения формируется экспертом и включает информацию о высоте центра масс робота над поверхностью, о требуемых скоростях движения робота по осям x , y , а также угловой скорости.

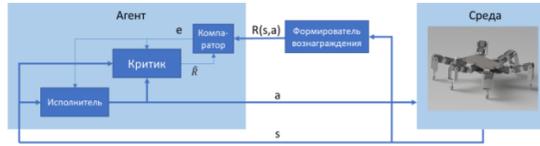


Рис. 2. Архитектура системы управления роботом с самообучением.

3 Виртуальная модель шагающего робота

Отработка алгоритмов обучения проводилась на имитационной модели четырехногого шагающего робота. По результатам проведенных исследований было показано, что робот формирует стратегию передвижения даже при отсутствии априорно заданного алгоритма шагания (рис. 3).

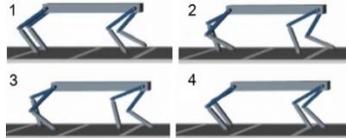


Рис. 3. Фрагмент движения робота по результатам обучения

Предложенный алгоритм был также отработан на моделях бипедального и шестиногого роботов, что позволяет говорить об универсальности подхода и возможности реализации системы, адаптирующейся к неопределенностям в кинематике шагающих конструкций, в т.ч. к ситуациям поломки некоторых сочленений.

Дальнейшее развитие управляющих алгоритмов связано с применением аналитических методов управления движением, основанных на обратной задаче кинематики, для предварительной настройки нейронной сети исполнителя и сокращения общего времени обучения.

Список литературы

- [Danilov, 2020] Danilov V.A., Diane S.A.K., Goncharenko V.I., Artamonov A.G. Algorithms for intelligent control of multi-link walking robots with self-learning capabilities / Proceedings of the 22th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA). NY: IEEE, 2020. pp. 1-5.
- [Fujimoto, 2018] Fujimoto, Scott, Herke van Hoof and David Meger. Addressing Function Approximation Error in Actor-Critic Methods. ArXiv abs/1802.09477, 2018