

Применение нейронных сетей для задач стабилизации динамических систем

Н.В. Харин¹, А.Д. Иванова¹, Е.Е. Туфанова¹, О.А. Саченков¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Кремлевская 18, Казань, Россия, 420008

Аннотация

В настоящее время большую популярность набирает решение задач при помощи искусственного интеллекта. Одним из перспективных направлений в этой области являются нейронные сети. Данное новшество уже повсеместно используется во многих сферах: от обработки фотографий до прогнозирования рынка ценных бумаг. Типов нейронов и методов их обучения насчитывается около десятка. В работе предлагается воспользоваться алгоритмом обучения нейронных сетей с учителем и применить его для стабилизации обратного маятника. Данная динамическая система является неустойчивой и для поддержания вертикального положения нуждается в балансировке. Для уравнивания маятника будут прикладываться вращающие моменты. Стабилизация проводится с помощью нейронной сети: первый нейрон получает информацию об отклонении маятника от вертикального положения равновесия, происходит передача импульса следующему нейрону. Последний нейрон сети выдает значения уравнивающих моментов, которые необходимо приложить к стержню для приведения его в устойчивое положение.

Ключевые слова

механическая система, стабилизация, нейронная сеть, обратный маятник

1. Введение

На сегодняшний день задача стабилизации динамических систем все еще актуальна. С развитием в построении алгоритмов в рамках подхода нечеткой логики находят распространение нейронные сети, которые нашли применение и в задачах стабилизации. Искусственная нейронная сеть обычно обучается с учителем. Это означает наличие обучающего множества, которое содержит примеры с истинными значениями. Сеть состоит из нейронов и архитектуры, которая определяет правило взаимосвязи нейронов. Каждая связь имеет вес, он определяет поведение нейронной сети и является ее памятью. Обучить нейронную сеть — это значит настроить весовые коэффициенты всех связей. Использовали один из самых известных способов обучения — это метод обратного распространения ошибки: разница между фактическим ответом из обучающей выборки и предсказанным минимизируется.

2. Методика

Цель исследования заключается в том, чтобы применить методику нейронных сетей в области механики. Выбирается динамическая система, изменяющаяся в реальном времени. Задача нейронной сети добиться устойчивости системы, вне зависимости от её параметров. В качестве испытательной модели был выбран обратный маятник, который представляет собой стержень, центр масс которого находится выше точки опоры. Рассматривается случай, когда опорная точка остается неподвижной.

Вертикальное положение не является устойчивым. Будем стабилизировать систему путем введения двух уравнивающих моментов M_1 , M_2 .

Уравнение движения будет иметь следующий вид:

$$\ddot{\varphi} = \frac{mgl \sin \varphi + M_1 - M_2}{ml^2} \quad (1)$$

Подробное получение уравнения (1) приведено в [4]. Для определения функций моментов будет использована импульсная нейронная сеть.

Сеть состоит из нейронов и архитектуры, которая определяет правило взаимосвязи нейронов. Входным звеном является, так называемый сенсорный нейрон, на который будет подаваться информация об отклонении угла φ от положения равновесия и скорость $\dot{\varphi}$. Выходными звеньями являются, так называемые, мотонейроны, суть которых – величина прикладываемого момента.

Численное решение дифференциального уравнения (1) на некотором небольшом участке времени производится в пакете прикладных программ MATLAB. Найденное таким образом значение угла подается на сенсорный нейрон, и в соответствии с новыми входными данными, программа пересчитывает моменты M_1 , M_2 . На следующем этапе уравнение (1) решается уже с новыми значениями моментов. Таким образом, операции повторяются, пока маятник не примет вертикальное положение, то есть стабилизируется.

3. Заключение

Для данной задачи была использовано обучающая выборка из 10^9 элементов. Было замечено, что чем меньше скорость обучения и чем больше обучающее множество, тем лучше учится сеть. Удалось стабилизировать динамическую систему с одной степенью свободы – обратный маятник, однако разница между установленным с помощью нейронной сети положением равновесия и вертикалью составила 6 градусов.

4. Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке, выделяемой Казанскому федеральному университету по государственному заданию в сфере научной деятельности, грант № 0671-2020-0059.

5. Литература

- [1] Дмитричев, А.С. Нелинейные динамические модели нейронов: обзор / А.С. Дмитричев, Д.В. Касаткин, В.В. Клиньшов, С.Ю. Кириллов // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. – 2018. – Т. 26. – С. 5-58.
- [2] Зубов, В.И. Лекции по теории управления: учебное пособие / В. И. Зубов. – СПб.: Лань, 2009. – С. 10-57.
- [3] Козов, А.В. Исследование метода обучения с подкреплением спайковой нейронной сети / А.В. Козов, А.С. Чернышев // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2016. – № 6. – С. 174-183.
- [4] Харин, Н.В. Применение нейронной сети для стабилизации маятника / Н.В. Харин, А.Д. Иванова, О.А. Саченков // Труды Математического центра имени Н.И. Лобачевского. – 2020. – Т. 59. – С. 131-134.
- [5] Kasabov, N. NeuCube: A spiking neural network architecture for mapping, learning and understanding of spatio-temporal brain data // N. Kasabov. – Neural network. – 2014. – Vol. 52. – P. 467-510.