

УДК 681.5.09

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОШИБКИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.С. Масакбаев

Магистр 2 года

кафедра «Электронные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет

Научный руководитель: В.П. Михайлов

Доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении»

В данной работе рассматриваются возможности использования нейросетевых моделей для прогнозирования ошибки позиционирования шагового двигателя. В качестве объекта моделирования рассмотрим процесс движения гибридного шагового двигателя. Задачей нейросетевого моделирования является прогнозирование величины выходного параметра — ошибки позиционирования — в зависимости от входных факторов, описывающих условия процесса перемещения (расстояние, ток, напряжение, скорость и т.д.). Ошибка позиционирования - разница между заданным положением и фактическим.

В качестве выходного параметра модели выберем ошибку позиционирования, так как она в большинстве случаев в наибольшей степени влияет на итоговые результаты процесса перемещения.

С этой целью был подготовлен ряд экспериментальных данных, состоящий из 100 наблюдений, из которых 15% было выделено в качестве контрольного множества и 15% - в качестве тестового множества. В качестве допустимого значения ошибки при моделировании было принято отклонение в 10% от измеренного значения, проверка отклонения проводилась на предварительно отобранных неизвестных данных.

В процессе работы было обучено некоторое количество нейронных сетей, с использованием программного пакета Statistica. В первую очередь изучались сети с архитектурой типа многослойный персептрон (MLP). Настройки активации входных и выходных нейронов, количество нейронов в скрытом слое и алгоритмы обучения подбирались методом перебора большого числа сетей с последующим выбором наиболее продуктивных. В результате из 20 обученных сетей были выделены две лучшие MLP 4-3-1. Они имеют 3 нейрона в скрытом слое, первая имеет логистические функции активации в скрытом слое и на выходе. А вторая экспоненциальную в скрытом слое и гиперболическую функцию активации на выходе. Обучены данные нейросети с использованием алгоритма BFGS. Данные сети показали неудовлетворительные результаты, на контрольном множестве ошибка достигает 28.2% и 24.2% соответственно, что не соответствует допустимому значению. [1]

Также были рассмотрены сети на основе радиальной базисной функции (RBF). Однако они показали худшие результаты в данной задаче. Ошибка таких сетей гораздо выше, чем у сетей MLP, и достигает 90%.

Анализ весовых коэффициентов данных нейросетей показал, что наибольшее влияние на ошибку позиционирования оказывают два параметра: скорость движения и нагрузка на валу.

Лучшие результаты предсказания были достигнуты моделью MLP 4-3-1, где средняя ошибка составила 24,2%, однако она превышает допустимое значение для данной

задачи. При этом сети типа RBF показали худшие результаты из-за склонности к переобучению.

Для достижения допустимого значения ошибки и обеспечения более точных результатов предсказания ошибки позиционирования, рекомендуется подготовить большее количество экспериментальных данных и уменьшить влияние неконтролируемых и неуправляемых факторов.

На основании анализа результатов установлено, что многослойные персептроны (MLP) с экспоненциальной и логистической функциями активации скрытых нейронов являются наиболее подходящими для решения данной задачи.

Разработанные модели позволили определить ключевые факторы, влияющие на ошибку позиционирования, а также продемонстрировали перспективность использования нейросетей для оптимизации технологических процессов. На основе проведённого анализа для снижения ошибки прогнозирования позиционирования шагового двигателя рекомендуется расширить экспериментальную выборку данных, включить дополнительные значимые параметры (температура, микрошаговый режим), увеличить число нейронов и слоёв в архитектуре MLP, тестирование более сложных архитектур, а также применить методы регуляризации и нормализации входных данных для предотвращения переобучения и повышения точности модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панфилова Е.В. «Нейросетевое моделирование производственных процессов в нанотехнологиях»: Учебно-методическое пособие к выполнению домашнего задания по дисциплине «Нейросетевое моделирование сложных технических систем» - М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2018. 33с.