

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РАБОТЕ ПРОМЫШЛЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

А.Ю. Чепкасов, А.С. Писанкин
Научный руководитель: А.О. Савельев
Томский политехнический университет
E-mail: ayc1@tpu.ru

Введение

Современные промышленные предприятия используют дорогостоящее оборудование, выход из строя которого приводит к крупным финансовым потерям и остановке производства.

Один из способов решения данной проблемы – внедрение методов машинного обучения для решения задачи прогнозирования состояния промышленного манипулятора путём анализа данных, полученных мониторингом рабочего цикла. Для решения данной задачи необходимо определить, существует ли зависимость между физическими параметрами при штатной работе манипулятора.

Цель данной работы – анализ зависимости физических параметров, а именно, тока и веса при штатной работе манипулятора KUKA, определение нагрузки на манипуляторе по показателям токов на подвижных элементах.

Задача классификации данных

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачу классификации данных, которая включает в себя моделирование признаков данных (значение силы тока) и соответствующих данным меток (нагрузка на манипуляторе), выбор модели и последующее её использование для присвоения меток новым, неизвестным ранее, данным [1].

Из исходных данных формируется обучающая выборка. На основе этих данных создаётся модель, которая позволит для любого последующего объекта определить нагрузку. Для оценки качества модели используются тестовые выборки.

Описание исходных данных

Исходный набор содержит данные по 25 опытам по 5 экспериментов на одну нагрузку. Каждый опыт состоит из набора данных для каждой команды из рабочего цикла манипулятора, содержащей значения силы тока в электроприводе на каждой из четырёх осей и метки соответствующей им нагрузки.

- Команда – это номер выполняемой операции;
- Ось – подвижный элемент манипулятора;
- Нагрузка – количество пачек бумаги на манипуляторе, которое варьируется от 0 до 4.

Обработка данных

Несовершенство метода измерения физических показателей манипулятора в процессе рабочего

цикла является причиной того, что объём данных для разных опытов отличается и меняется случайным образом. По этой причине применение методов машинного обучения для решения поставленной задачи невозможно без первичной обработки данных.

С другой стороны, диапазон изменения силы тока, представленный на рисунке 1, в конкретный момент времени слишком велик, нет явной зависимости между силой тока и нагрузкой на манипуляторе. Совокупность этих факторов не позволяет определить нагрузку в произвольный момент времени.

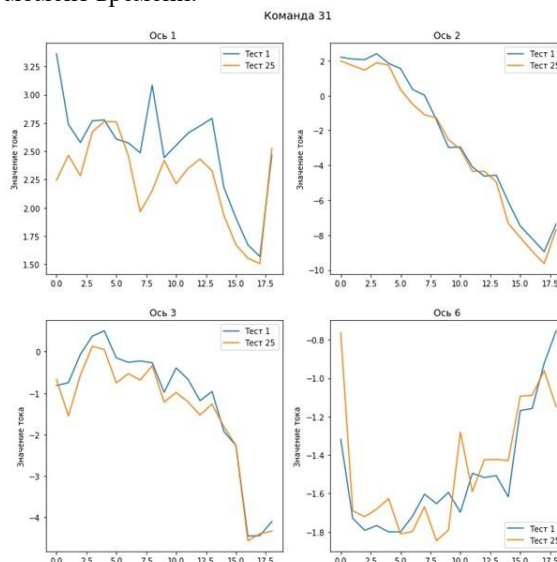


Рис. 1. Изменение значения силы тока в электроприводе на всех осях для первого и последнего опыта

Для выявления зависимости между физическими показателями параметры системы (сила тока) были усреднены по командам для каждого опыта.

Формирование обучающей выборки

Использование полученных после первичной обработки данных даёт низкую точность в определении правильных ответов – 32%.

Для повышения точности из обучающей выборки должны быть исключены данные, вносящие большую погрешность. Определим набор осей, чьи графики зависимостей силы тока от нагрузки приближены к виду монотонно возрастающей или убывающей функции. Для команды 31 (рисунок 2) – это ось 2.

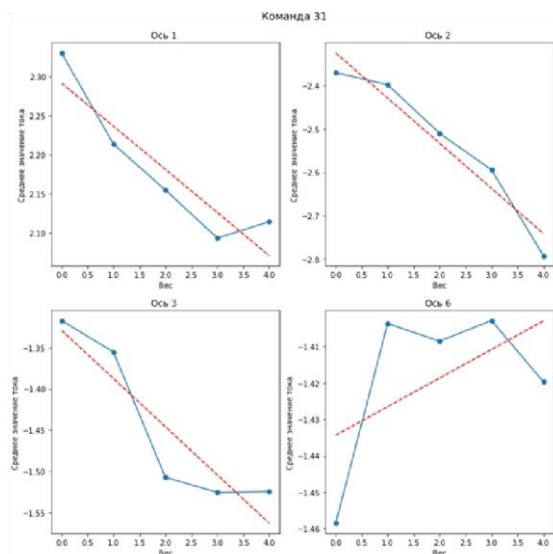


Рис. 2. Зависимость средних значений токов от нагрузки на манипуляторе

Для сглаживания данных строим аппроксимирующие прямые каждого из графиков.

На основе проведенного анализа формируются 4 выборки:

- Выборка 1 – для каждого веса формируется кортеж, значения которого – средние значения токов для осей, чьи графики зависимости приближены к виду монотонной функции;
- Выборка 2 – замена значений токов, вносящих наибольшую погрешность, на значения аппроксимирующих прямых;
- Выборка 3 – для каждого веса формируется кортеж компоненты которого – значения аппроксимирующих прямых;
- Выборка 4 идентична выборке 1 за исключением данных, вносящих наибольшую погрешность.

Результаты работы

Эффективность выбранных алгоритмов машинного обучения в решении поставленной задачи определяется двумя параметрами: t – среднее время выполнения алгоритма и P – процент правильных ответов.

Результаты работы алгоритмов машинного обучения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты работы алгоритмов для выборок 3 и 4

Названия алгоритмов	Выборка 3		Выборка 4	
	t, мс	P, %	t, мс	P, %
Наивный Байес	1.359	92	1.294	92
Дерево решений	1.112	76	1.053	72
SVM	1.137	92	1.154	92

Выборки 1 и 2 показывают результат хуже (88%) и по этой причине не представлены в таблице 1.

Наилучший результат по точности достигается при использовании алгоритмов “Наивный Байес” и “SVM” (Метод опорных векторов).

Самой оптимальной по времени и по максимальной точности является выборка 3. Самый эффективный среди всех алгоритмов – “SVM”.

Ошибки в классификации объясняются недостаточным объемом данных для формирования обучающей выборки и физическими свойствами анализируемой величины (ток в сети переменный).

Используемые технологии

Для решения задачи классификации был выбран следующий набор технологий:

- Язык программирования Python 3.8;

- Pandas – библиотека для обработки данных; [2]
- Matplotlib – библиотека для визуализации (построение графиков);
- NumPy – библиотека с общими математическими операциями;
- Sklearn (Scikit-Learn) – библиотека, содержащая алгоритмы машинного обучения. [3]

Заключение

В результате исследования зависимости физических характеристик при работе промышленного манипулятора была смоделирована система, определяющая нагрузку на манипуляторе в штатном режиме работы путём анализа показателей силы тока в электроприводе подвижных элементов, при помощи методов машинного обучения. Достигнутая точность системы составляет 92%.

Анализ большего объема исходных данных позволит увеличить точность определения параметров системы в процессе отслеживания работы системы.

Список использованных источников

1. Дж. В. Плас. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. – СПб: Питер, 2018. – 576 с.: ил.
2. У. Маккилли. Python и анализ данных / Пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 482 с.: ил.
3. Ж. Орельен. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. / Пер. с англ. – СПб.: ООО “Альфа-книга”, 2018. – 688 с.: ил.