

РАЗРАБОТКА НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА ТИПОВ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО ПОКАЗАНИЯМ ТОКОВ С ДВИГАТЕЛЕЙ

*О.Ю. Кушнарёв, студент гр. 8Е92,
А.С. Беляев, ассистент ОАР
Томский политехнический университет
E-mail: oyk4@tpu.ru*

Введение

Ввиду того, что мобильные роботы выходят в естественные outdoor условия, где окружающая среда существенно влияет на характер их перемещения, актуальной остаётся проблема появления ошибок управления и позиционирования. Яркий пример подобной ситуации произошёл в конце 2021 года в Эстонии, когда группа роботов-доставщиков застряла в снегу [1]. По этому видео можно судить о том, что данные роботы не были оснащены алгоритмами приспособления к меняющимся условиям среды, что и помешало им продолжить движение. Одним из принципов выявления и устранения подобного рода проблем является применение предварительного классификатора подстилающей поверхности [2] и использование его для создания моделей передвижения робота.

Целью данной работы является создание классификатора поверхностей на основе алгоритма нечеткой логики для мобильной платформы Festo Robotino.

Сбор и анализ данных

По проведенным ранее экспериментам на тестовом полигоне [2, 3], были выбраны три основных типа поверхности: тип 1 – мягкий, частично гладкий, резиновый материал; тип 2 – жесткий рельеф с неплотным заполнением, который способствует погружению в него колес; тип 3 – ровная поверхность из древесного материала.

По результатам работ [2, 3, 4] было выяснено, что ток является одной из основных характеристик, показывающих трудоемкость движения по разным поверхностям и позволяющих судить о их разделимости. Учитывая это, были выбраны эксперименты с разными типами движения и для них построены диаграммы размаха токов с каждого двигателя для всех типов поверхностей, пример показан на рисунке 1. На диаграммах: верхняя и нижняя граница прямоугольника соответственно 75 и 25 перцентиль, черные границы над и под прямоугольником – максимальное и минимальное значение в выборке, черта внутри прямоугольника – медианное значение, «+» над и под прямоугольником – выбросы.

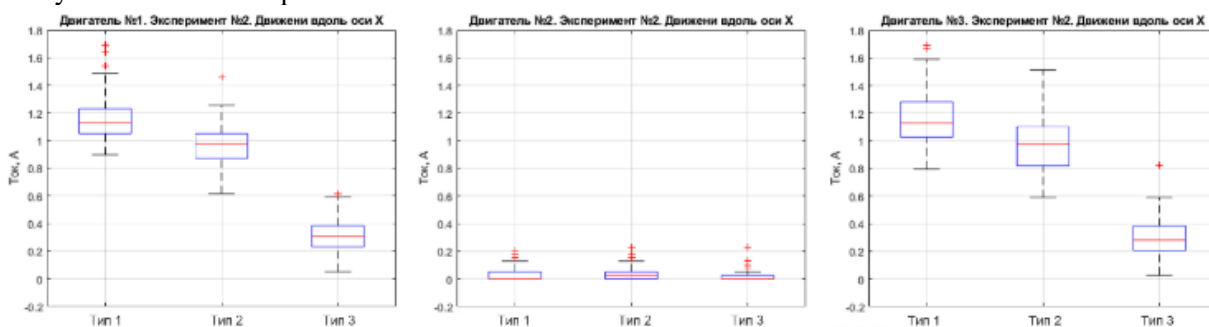


Рис. 1. Пример диаграмм размаха

Поскольку значения токов пересекаются небольшой областью диапазонов, то определение типа поверхности в данной области классической логикой невозможно. В связи с этим, было принято решение использовать нечеткую логику.

Разработка и проверка классификатора

Для создания классификатора был выбран алгоритм Такаги-Сугено, в котором выходные переменные представлены в виде функциональных зависимостей от входных переменных. В качестве входных переменных были выбраны: три задающие скорости робота в локальной системе координат (X , Y , ω) и показания токов с 3 двигателями.

На основе полученных закономерностей, описанных как нормальное распределение, были найдены среднее значение и дисперсия для значений токов по каждой поверхности у каждого двигателя для построения соответствующих функций принадлежности с помощью инструмента Fuzzy Toolbox. Пример получившихся графиков функции принадлежности показан на рисунке 2. Вид линий отвечает за тип поверхности, а подпись графиков – за вид движения, для которого характерны эти показания токов.

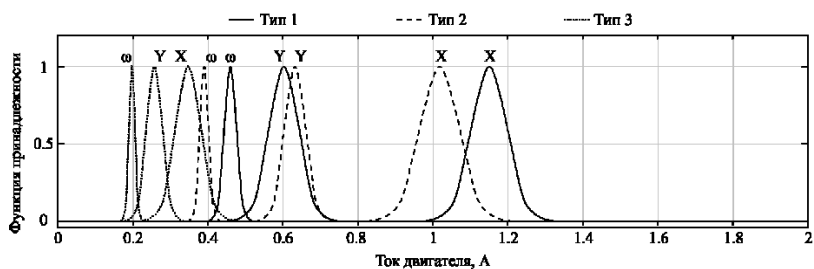


Рис. 2. Пример графика функции принадлежности

Закономерности, полученные при анализе диаграмм размаха, были использованы для составления двух наборов правил алгоритма нечеткой логики: упрощенного (24 правила) и расширенного (58 правил). В первом наборе каждое правило включало в себя только показания токов одного двигателя, а в расширенном – учитывалась информация со всех двигателей. Классификатор был проверен на данных, снятых с работа во время предыдущих экспериментов. Упрощенный набор правил показал приемлемую точность, которая оказалась выше, чем у расширенного. Соответствующие проценты ошибок 26% и 33%. Подробнее результаты раскрыты в таблице 1.

Таблица 1. Результаты проверки алгоритма

Набор правил Поверхность	Упрощенный		Расширенный	
	Ошибки	Кол-во измерений	Ошибки	Кол-во измерений
Тип 1	283	753	289	753
Тип 2	272	755	407	755
Тип 3	38	749	40	349
Итого	593	2257	736	2257
Процент ошибки	26%		33%	

Заключение

Разработанный классификатор допускал преимущественное количество ошибок при определении 1 и 2 типа поверхности. При использовании упрощенного набора правил данные ошибки были распределены почти в равной мере между двумя поверхностями, что можно объяснить общей неточностью алгоритма. При использовании расширенного набора большая часть ошибок пришлась на 2 тип поверхности, это может говорить о потребности в корректировке и увеличении количества правил.

В качестве возможностей для дальнейшего развития стоит рассмотреть добавление в существующий классификатор таких параметров, как токи по осям движения мобильной платформы, показания суммарного тока.

Список использованных источников

1. An Inch of Snow Proves Too Much for Six-Wheeled Delivery Robots, Amusement Ensues [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autoevolution.com/news/an-inch-of-snow-proves-too-much-for-six-wheeled-delivery-robots-amusement-ensues-176050.html>. – Дата доступа: 20.12.21.
2. Andrakhanov, A., Belyaev, A. GMDH-based learning system for mobile robot navigation in heterogeneous environment (2018) *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 689, pp. 1-20.
3. Belyaev, A.S., Brylev, O.A., Ivanov, E.A. Slip detection and compensation system for mobile robot in heterogeneous environment (2021) *IFAC-PapersOnLine*, 54 (13), pp. 339-344.
4. Reina, G., Ojeda, L., Milella, A. and Borenstein, J. (2006). Wheel slippage and sinkage detection for planetary rovers. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 11(2), pp.185–195.