

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ АКСЕЛЕРОМЕТРА В КАЧЕСТВЕ ПРИЗНАКА ДЛЯ МОДЕЛИ КЛАССИФИКАЦИИ ДОРОЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

*И.А. Рыбаченко, студент гр. 8ПМОИИ,
А.Ю. Кайда, ассистент ОИТ
Томский политехнический университет
E-mail: iar12@tpu.ru*

Введение

Существует задача классификации поверхности, по которой движется мобильный колёсный робот. Знание типа поверхности может быть полезно, например, для создания карты местности [1] или для локализации робота на местности [2]. Задача классификации дорожной поверхности может быть решена созданием модели машинного обучения. Одним из важнейших параметров, влияющих на качество модели является набор используемых признаков. Ряд работ в качестве одного из признаков использует данные акселерометра.

Целью данной работы является описание существующих подходов к использованию данных акселерометра в качестве признака для модели классификации дорожной поверхности.

Получение данных

Акселерометр производит данные в формате зависимости амплитуды ускорения от времени. При цифровой обработке сигнала, данные преобразуются в дискретную форму. Частота дискретизации варьируется от исследования к исследованию. В работе [3] частота дискретизации составляет 100Гц. Полученные с акселерометра данные разбиваются на фрагменты. Фрагменты могут как пересекаться [3], так и не пересекаться [4]. В работе [4] ширина фрагмента составляет 1 секунду. Число измерений, попавших в фрагмент определяется его длительностью и выбранной частотой дискретизации.

Для формирования набора признаков могут использоваться как все 3 оси акселерометра [5], так и ось Z в отдельности [6]. Оба варианта встречаются с одинаковой частотой.

Преобразование данных

Применив к данным акселерометра дискретное преобразование Фурье (DFT), можно преобразовать их из time domain во frequency domain. Указанные формы представления данных акселерометра используются как по отдельности [7], так и совместно [8]. К frequency domain может быть применён метод Уэлча для получения power spectral density (PSD) [6], при этом полученные значения логарифмируются.

Альтернативой дискретному преобразованию Фурье является дискретное вейвлет преобразование (DWT) [9].

Формирование набора признаков

Для каждого фрагмента независимо формируется набор признаков. Существует 2 подхода к созданию набора признаков:

- сократить размер фрагмента до фиксированного числа элементов
- рассчитать статистические характеристики фрагмента

Для сокращения размера фрагмента до фиксированного числа элементов могут быть применены следующие методы:

- оставить вектор как есть [10]
- сделать равномерную выборку элементов [3]
- применить PCA [11]
- провести отбор признаков [12]
- ограничить частоты фиксированным диапазоном [13]

Статистические характеристики могут быть рассчитаны как для time domain, так и для frequency domain. Наиболее широкий набор характеристик представлен в исследовании [8].

Для фрагмента, выраженного в time domain, наиболее часто используются статистические характеристики, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Наиболее часто используемые статистические характеристики

Характеристика	Формула	Характеристика	Формула
Среднее значение	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	Коэффициент эксцесса	$\frac{(n-1) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2]^2}$
Максимальное значение	$\max(x)$	Минимальное значение	$\min(x)$
Стандартное отклонение	$\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$	Норма	$\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2}$

Заключение

В результате работы был проведён обзор существующих подходов к формированию набора признаков из данных акселерометра. Отмечено два варианта представления данных – time domain и frequency domain. Для формирования набора признаков могут быть использованы как сами данные, так и полученные из них статистические характеристики.

Список использованных источников

- Brooks, C. A. Self-supervised terrain classification for planetary surface exploration rovers [Electronic resource] / C. A. Brooks, K. Iagnemma // Journal of Field Robotics. — 2012. — Vol. 29, № 3. — P. 445-468. — Available from: <https://doi.org/10.1002/rob.21408>.
- Localization of LHD Machines in Underground Conditions Using IMU Sensors and DTW Algorithm [Electronic resource] / P. Stefaniak [et al.] // Applied Sciences. — 2021. — Vol. 11, № 15. — P. 6751. — Available from: <https://doi.org/10.3390/app11156751>.
- Frequency-Temporal Disagreement Adaptation for Robotic Terrain Classification via Vibration in a Dynamic Environment [Electronic resource] / C. Cheng [et al.] // Sensors. — 2020. — Vol. 20, № 22. — P. 6550. — Available from: <https://doi.org/10.3390/s20226550>.
- Deep Multi-Layer Perception Based Terrain Classification for Planetary Exploration Rovers [Electronic resource] / C. Bai [et al.] // Sensors. — 2019. — Vol. 19, № 14. — P. 3102. — Available from: <https://doi.org/10.3390/s19143102>.
- Terrain Classification Using Neural Network Based on Inertial Sensors for Wheeled Robot [Electronic resource] / A. Skoczylas [et al.] // Recent Challenges in Intelligent Information and Database Systems. — 2021. — P. 429-440. — Available from: https://doi.org/10.1007/978-981-16-1685-3_35.
- Supervised Terrain Classification with Adaptive Unsupervised Terrain Assessment [Electronic resource] / A. Kurup [et al.] // SAE Technical Paper Series. — 2021. — Available from: <https://doi.org/10.4271/2021-01-0250>.
- Weiss, C. Vibration-based Terrain Classification Using Support Vector Machines [Electronic resource] / C. Weiss, H. Frohlich, A. Zell // 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. — 2006. — Available from: <https://doi.org/10.1109/iros.2006.282076>.
- Learning-Based Terrain Identification With Proprioceptive Sensors for Mobile Robots [Electronic resource] / R. Zeng [et al.] // IEEE Transactions on Industrial Electronics. — 2021. — Vol. 68, № 9. — P. 8433-8443. — Available from: <https://doi.org/10.1109/tie.2020.3013798>.
- Wang, M. Adaptive online terrain classification method for mobile robot based on vibration signals [Electronic resource] / M. Wang, L. Ye, X. Sun // International Journal of Advanced Robotic Systems. — 2021. — Vol. 18, № 6. — P. 172988142110620. — Available from: <https://doi.org/10.1177/17298814211062035>.
- Bai, C. Three-Dimensional Vibration-Based Terrain Classification for Mobile Robots [Electronic resource] / C. Bai, J. Guo, H. Zheng // IEEE Access. — 2019. — Vol. 7. — P. 63485-63492. — Available from: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2916480>.
- Dupont, E. The identification of terrains for mobile robots using eigenspace and neural network methods [Электронный ресурс] / E. Dupont, R. Roberts, C. Moore // 2006 Florida Conference on Recent Advances in Robotics. — 2006. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/228357712_The_identification_of_terrains_for_mobile_robots_using_eigenspace_and_neural_network_methods.
- Zhao, K. A New Terrain Classification Framework Using Proprioceptive Sensors for Mobile Robots [Electronic resource] / K. Zhao, M. Dong, L. Gu // Mathematical Problems in Engineering. — 2017. — Vol. 2017. — P. 1-14. — Available from: <https://doi.org/10.1155/2017/3938502>.
- Sadhukhan, D. Terrain estimation using internal sensors [Электронный ресурс] / D. Sadhukhan, C. Moore, E. Collins // Series on robotics and manufacturing. — 2004. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/247713737_Terrain_estimation_using_internal_sensors/related.