

Использование беспилотных летательных аппаратов для идентификации несанкционированных свалок твердых коммунальных отходов

А. А. Попов[✉], А. М. Трамова, Ю. Д. Романова

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению вопросов, связанных с использованием беспилотных летательных аппаратов для управления обращением с отходами. Целью исследований является совершенствование системы управления обращением с отходами за счет распознавания твердых коммунальных отходов на изображениях, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов. Объектом исследования является управление обращением с отходами. Предметом исследований является методический аппарат, позволяющий определить необходимое количество беспилотных летательных аппаратов для дистанционного получения необходимого количества изображений участков поверхности в течение заданного промежутка времени и для обнаружения несанкционированных мусорных свалок (скоплений твердых коммунальных отходов) на полученных изображениях. Проведен анализ примеров использования нейросетей и алгоритмов машинного обучения для распознавания несанкционированных мусорных свалок на изображениях, полученных по результатам дистанционного наблюдения за поверхностью с помощью пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов. Построен алгоритм определения минимального количества вылетов беспилотных летательных аппаратов для наблюдения за участком поверхности и рассмотрены особенности использования алгоритма. Результаты, полученные в работе, могут быть использованы при проектировании системы управления обращением с отходами, в которой предусмотрено дистанционное зондирование поверхности с помощью беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: «мусорная» реформа, обращение с отходами, беспилотный летательный аппарат, управление, несанкционированные скопления мусора, изображение поверхности, нейросеть, машинное обучение, распознавание отходов, алгоритм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Попов А. А., Соломина Ю. К. Анализ возможностей использования беспилотных летательных аппаратов для управления жилищно-коммунальным хозяйством // *Фундаментальные исследования*. 2018. № 2. С. 144–151. EDN: YSEXJE

Popov A.A., Solomina Ju.K. Analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles for managing housing and communal services. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2018. No. 2. Pp. 144–151. EDN: YSEXJE. (In Russian)

2. Filkin T., Sliusar N., Ritzkowski M., Huber-Humer M. unmanned aerial vehicles for operational monitoring of landfills. *Drones*. 2021. Vol. 5(4). Art. Number: 125. DOI: 10.3390/drones5040125

3. Sliusar N., Filkin T., Huber-Humer M., Ritzkowski M. Drone technology in municipal solid waste management and landfilling: A comprehensive review. *Waste Management*. 2022. Vol. 139. Pp. 1–16. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.12.006

4. Filkin T., Sliusar N., Ritzkowski M., Huber-Humer M. Unmanned aerial vehicles for operational monitoring of landfills. *Drones*. 2021. Vol. 5(4). Art. Number: 125. DOI: 10.3390/drones5040125

5. Wilkinson A.K. The identification of garbage dumps in the rural areas of Cyprus through the application of deep learning to satellite imagery. *arXiv*. 2023. Vol. 8. Art. number:02502. DOI: 10.13140/RG.2.2.22837.86244
6. Jia Z., Chen Q., Hong S., Cheng Q. Remote sensing recognition of construction waste accumulation based on resources satellite three multi-view stereoscopic image. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 615. Art. Number: 012027. DOI: 10.1088/1755-1315/615/1/012027
7. Torres R.N., Fraternali P. Learning to Identify Illegal Landfills through Scene Classification in Aerial Images. *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13(22). Art. Number: 4520. DOI: 10.3390/rs13224520
8. Sharma A.K., Jain A., Chaudhary D. et al. An approach to automatic garbage detection framework designing using CNN. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2024. Vol. 14(2). Pp. 257–262. DOI: 10.14569/IJACSA.2023.0140231
9. Musci M., Serrão G. de M.P., Ferreira M.V.E.N.B. et al. Drones and sustainability: how technology can assist in the automatic detection of waste in hard-to-access areas. *Revista de Gestão Social e Ambiental*. 2024. Vol. 18(9). Number: e07235. DOI: 10.24857/rgsa.v18n9-109
10. Anadkat A.P., Monisha B.V., Puthineedi M. et al. Drone based Solid Waste Detection using Deep Learning & Image Processing. *Alliance International Conference on Artificial Intelligence and Machine Learning (AICAAM)*. Karnataka. India. 26–27 April 2019. Pp. 357–364.
11. Torres R.N., Fraternali P. Aerial Waste dataset for landfill discovery in aerial and satellite images. *Scientific Data*. 2023. Vol. 10. Art. Number: 63. DOI: 10.1038/s41597-023-01976-9
12. Wang Z., Yang X., Zheng X., Li H. Vision-Based On-Site construction waste localization using unmanned aerial vehicle. *Sensors*. 2024. Vol. 24. Art. Number: 2816. DOI: 10.3390/s24092816
13. Verma V., Gupta D., Gupta S. et al. A Deep learning-based intelligent garbage detection system using an unmanned aerial vehicle. *Symmetry*. 2022. Vol. 14. Art. Number: 960. DOI: 10.3390/sym14050960
14. Liao Y.-H., Juang J.-G. Real-Time UAV Trash monitoring system. *Applied Science*. 2022. Vol. 12(4). Art. Number: 1838. DOI: 10.3390/app12041838
15. Youme O., Bayet T., Dembele J.M., Cambier C. Deep learning and remote sensing: Detection of dumping waste using UAV. *Procedia Computer Science*. 2021. Vol. 185. Pp. 361–369. DOI: 10.1016/j.procs.2021.05.037

Информация об авторах

Попов Алексей Анатольевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры информатики, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова;

117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

Rorov.aa@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0692-3629>, SPIN-код: 4105-9404

Трамова Азиза Мухамадияевна, д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры информатики, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова;

117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

Tramova.am@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-6580>, SPIN-код: 8583-3592

Романова Юлия Дмитриевна, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры информатики, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова;

117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

Romanova.yud@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8273-0757>, SPIN-код: 8743-9162