

Система распознавания объектов для сортировки твердых бытовых отходов

А.Е. Карелин, А.В. Кожемяченко, М.А. Лемешко

Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты

Аннотация: В последнее время основными принципами в области управления твердыми коммунальными отходами являются рециркуляция и повторное использование вторичных ресурсов. В современных технологиях обращения с отходами широко используются информационные технологии. Проблемным является вопрос распознавания объекта сортировки на конвейере с отходами. Существуют различные роботизированные системы автоматизированного разделения объектов сортировки. В статье приведено описание системы в процессе «распознавание - захват - перемещение» объекта сортировки на общем конвейере. Используется группы датчиков для идентификации объектов на конвейере, с одновременной фиксацией координат каждого идентифицированного объекта на поверхности конвейерной ленты. Информация о координатах и свойствах каждого идентифицированного объекта передается по линии связи на пульт управления манипуляторами, которые захватывают отдельные идентифицированные объекты и перемещают их в специальные контейнеры.

Ключевые слова: сортировка, отходы, средства автоматизации, системы распознавания, датчики, манипуляторы.

Развитие экономики и общества страны характеризуется быстрым ростом уровня урбанизации, увеличением доходов жителей РФ и уровня потребления. В связи с этим быстро увеличивается количество твердых коммунальных отходов (ТКО). Согласно статистическим данным, ежегодно одним человеком в Российской Федерации выбрасывается до 400 кг ТКО. Традиционными методами утилизации ТКО являются захоронение, сжигание и компостирование, которые имеют следующие недостатки:

- 1) отходы остаточных ресурсов;
- 2) загрязнение окружающей среды;
- 3) вред здоровью населения [1].

В последнее время основными принципами в области управления твердыми коммунальными отходами являются рециркуляция и повторное использование вторичных ресурсов. Уровень сортировки и утилизации ТКО в зарубежных странах наиболее выше и детальнее. Это можно отнести к

более высокому экономическому уровню, культурному уровню качества жизни, государственным инвестициям, соответствующей политике и строительству соответствующих вспомогательных объектов. В некоторых европейских странах вопросы обращения с отходами регулируются многими законами и постановлениями. Были разработаны новые направления в стратегии обращения с отходами. Следует отметить, что в развитых странах мира захоронение ТКО считается прибыльным делом. Например, Япония из-за сильного загрязнения окружающей среды и нефтяного кризиса 1973 года столкнулась с рядом экологических проблем. Однако в настоящее время Япония занимает первое место в мире по утилизации отходов [2-3].

Обращение с ТКО это общегосударственная, междисциплинарная задача, и она может быть решена только при научном подходе, на основе анализа отечественного и зарубежного опыта, на основе разработанных и обоснованных концепций, включая определенные результаты научных исследований как теоретических, так и экспериментальных.

Один из основных подходов к обращению с ТКО - их предварительная сортировка. Сортировка ТКО помогает увеличить перерабатываемое количество вторичных ресурсов.

Для сортировки твердых бытовых отходов используются различные машины и устройства. Некоторые из них используются для предварительной подготовки отходов к сортировке на сортировочной линии, где выполняется основная технологическая операция разделения отходов на фракции [4]. В мире интенсивно ведутся исследования по применению автоматизированных систем сортировки отходов, с использованием робототехники. В развитых странах мира, в последние годы, в большей степени разрабатываются методы обращения с твёрдыми коммунальными отходами, основанные на принципе их рециркуляции и повторного использования. Зарубежный уровень сортировки и утилизации отходов, безусловно, заслуживает внимания, так

как используемые методы и оборудование весьма технологичны и не опасны для работающих людей. Следует отметить весьма высокие капиталовложения развитых стран для решения задач утилизации и переработки отходов, их государственной политике в проблеме обращения с отходами и строительству соответствующих вспомогательных объектов.

Технологии сортировки ТКО является весьма ответственным этапом по всей линии промышленной утилизации отходов. От качества процесса сортировки зависит и показатель обращения с отходами - коэффициент использования вторичных ресурсов. Обобщая известные сведения о системах сортировки твёрдых коммунальных отходов, выделим некоторые, наиболее перспективные подходы к их организации.

Известные изобретения относятся к отрасли коммунального хозяйства и предназначены для сортировки бытовых отходов с использованием программно-управляемы роботов-манипуляторов, оснащенных захватными устройствами различной конструкции. В манипуляторах используются различного типа захваты, перемещающие объекты с общего конвейера с отходами, на специализированные конвейера или контейнера - накопители.

Известные системы сортировки ТБО выполнены в виде вращающихся элементов, захватов с острыми наконечниками, в виде вилкообразных конструкций, вакуумных стаканов, магнитов и других конструкций. Каждая система предназначена для захвата определенных объектов на конвейере для отходов. Например, известная конструкция грейфера для сортировки мусора [5]. Этот захват выполнен в виде вращающихся шипов с острыми кончиками, которыми хватаются дерево, пластик, резина, бумага, металл. Известны также захваты в виде руки, в которые вмонтированы тактильные датчики, определяющие форму захваченного объекта [6].

Существуют системы сортировки твердых бытовых отходов с помощью манипуляторов. Например, метод сортировки мусора от

ZenRobotics [7]. Этот метод включает захват сортируемых предметов с конвейера, размещаемых вдоль него роботами с манипуляторами, с захватными телами в виде руки. Рука робота оснащена тактильными датчиками, сигнализирующими о надежности захвата сортируемого объекта. Робот оснащен системой распознавания мусорных объектов, состоящей из обычных и лазерных сканеров, спектрометров, лазерных 3D-сканеров и различных детекторов, управляемых программным обеспечением робота. Система распознавания определяет: размер, форму и цвет объекта, его материальный состав, физические свойства [8].

Данный способ используется таким образом, что манипуляторы, расположенные вдоль конвейера, захватывают объекты с конвейера и анализируют их:

- лазерные сканеры определяют его 3D-модель, его размеры;
- спектрометры определяют состав материала;
- детекторы определяют его физические свойства.

Далее, эти данные сравниваются программным обеспечением робота с данными, изображение которых хранится в его памяти. Выявленные предметы помещаются в соответствующие контейнеры, остальные отправляются на утилизацию.

Однако известная система сортировки твердых бытовых отходов имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что ее производительность напрямую зависит от количества роботов. Каждый из этих роботов должен быть оснащен дорогостоящей системой распознавания объектов в виде различных сканеров, блоков памяти и т. д.

Этот недостаток частично устранен в известном методе сортировки мусора [9-10]. В этом методе сортировки мусора объекты захватываются с конвейера при помощи манипуляторов, управляемых системами распознавания объектов (включающие в себя различные сканеры,

спектрометры, детекторы и другие датчики). В этом случае захват объектов для сортировки манипуляторами осуществляется с помощью детекторов кода этих меток. Кроме того, конвейерная лента освещается ультрафиолетом, а следы на предметах окрашиваются флуоресцентными красителями. Также программный блок снабжен изображениями 3-х мерных моделей частей мусора, наиболее устойчивых к деформации.

В описании рассматриваемого источника указывается, что нанесение кодированных меток на объекты, подлежащие сортировке, уменьшит количество систем распознавания объектов. Использование ультрафиолета значительно улучшит как качество сортировки мусора, так и санитарные условия при сортировке мусора.

Однако нанесение кодированных меток на сортируемые объекты с последующим определением этих меток с использованием сканирующих детекторов, которые распознают только метки на поверхности объектов, является относительно сложным и ненадежным способом идентификации мусорного объекта на конвейере.

В описании патента указывается, что распознанные объекты помечаются кодовыми метками, а манипуляторы сортируемых объектов захватываются с помощью детекторов кода этих меток.

В этом случае метки выполняются в виде окрашивания сортировочных объектов флуоресцентными красителями, в виде линий, кружков разного цвета. Как видно из описания, для каждого типа этикеток требуется специальный манипулятор. Данная особенность данного способа сортировки отходов подтверждает сложность, громоздкость и низкую надежность рассматриваемого известного способа. Кроме того, эти вышеупомянутые методы маркировки относительно сложно применять и читать, что является существенным недостатком рассматриваемого метода сортировки отходов.

При перемещении конвейерной ленты объект может перевернуться и наклониться, что затрудняет или делает невозможным сканирование некоторых отметок. Таким образом, процесс создания этикеток на идентифицированных объектах - сложный и ненадежный процесс. Это недостаток рассматриваемой системы распознавания объектов при сортировке мусора.

Задача предлагаемой системы сортировки ТКО - устранить указанные недостатки, такие как:

- упрощение процесса создания этикеток идентифицированных отходов и их считывания роботами-сортировщиками;
- повышение надежности системы и средств автоматического определения типа сортировочного объекта на конвейере отходов;
- идентификация объекта путем сравнения с образцами.

Проблема решается тем, что система распознавания объектов при сортировке мусора, включая устройства для сканирования, спектрометрии и обнаружения объектов, подлежит сортировке. Он оснащен модулем определения и регистрации координат центра и граничных данных идентифицируемого объекта, подлежащего сортировке на конвейере.

Модуль фиксирует координаты центра, границы сортируемого объекта, его характеристики на основе данных сканирующих устройств, оптических или флюороскопических приборов и других детекторов. Затем следует процесс вычисления горизонтальной проекции центра распознанного объекта и границ этого объекта.

Данные модуля для каждого идентифицированного объекта передаются в систему управления манипуляторами, которые захватывают и перемещают объекты для сортировки. При этом на конвейере делаются контрольные отметки на равном расстоянии друг от друга. К этим меткам прикрепляются

системы координат модуля, фиксирующего координаты центра, границ сортируемого объекта и его свойств.

На рис.1 изображено сортировочное устройство для реализации предлагаемого технического решения, в состав которого входят: конвейер 1, система распознавания объектов 2, которая снабжена модулем определения координат центра объекта сортировки. Манипуляторы 3, захватывающие сортируемые мусорные объекты. Опорные метки 4, к которым привязана система координат модуля, фиксирующая координаты центра, границ сортируемого объекта и его свойств и манипуляторов сортировки.

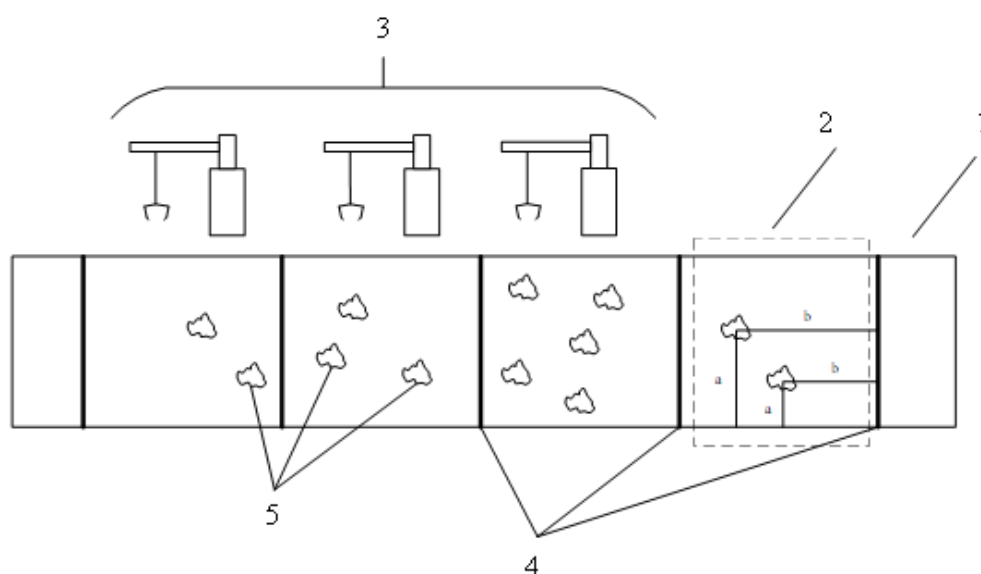


Рис.1. – Система распознавания объектов для сортировки мусора

Использование предлагаемого устройства позволит повысить производительность сортировочного устройства, снизить его стоимость и улучшить санитарные условия труда обслуживающего персонала.

В отличие от аналогов, использование электронных меток упростит процесс сортировки мусора по объектам, повысит надежность системы

распознавания и увеличит процент узнаваемости мусорных объектов на конвейере. Стоит отметить, что количество роботов-манипуляторов будет сокращено, что снизит стоимость мусоросортировочной площадки.

Литература

1. Григорьев В.Н, Паршакова С.В. Оптимизация технологической схемы сортировки твердых бытовых отходов // Экология и научно-технический прогресс. урбанистика. 2013. № 1. С. 39-45.
2. Соколов, Л.И. Управление отходами (waste management) : учебное пособие. - Москва; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. 209 с.
3. Сотнезов А.В., Зайцев В.А., Тарасова Н.П. Морфологический состав твердых коммунальных отходов // Экология техносферы. 2015. № 4. С. 10-15.
4. Карелин А.Е., Кожемяченко А.В., Лемешко М.А. Обзор систем сортировки твердых коммунальных отходов // Инженерный вестник Дона, 2021, № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7064.
5. Пак Ю.А. Способ сортировки мусора. Патент на изобретение RU 2 624 288 C1 2017.07.032016117281. Бюл. № 19. 2016, № 2016117281 URL: patents.s3.yandex.net/RU2624288C1_20170703.pdf.
6. Лемешко М.А., Серебро С.В., Кочуев Ю.Ю., Сальник С.В. Механический схват. Патент на изобретение RU 2 257 996 C1. Бюл. № 22. 2003, №2003135672/02 URL: patents.s3.yandex.net/RU2257996C1_20050810.pdf.
7. Lukka T.J., Tossavainen T., Kujala J.V., and Raiko T., Zenrobotics recyclerrobotic sorting using machine learning, in Proceedings of the International Conference on Sensor-Based Sorting (SBS), 2014, pp 1-8.
8. Mullins J., All-seeing garbage sorter, NewScientist, vol. 6, 2008, pp. 1-3.
9. Paulraj S.G., Hait S., and Thakur A., Automated municipal solid waste sorting for recycling using a mobile manipulator, in ASME 2016 International

Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2016, 53-60 pp.

10. Williams E.A. and Bentil J., Design and implementation of a microcontroller-based automatic waste management sorting unit for a recycling plant, American Journal of Engineering Research (AJER), 2016, vol. 5, no. 7, pp. 48-52.

References

1. Grigor'yev V.N, Parshakova S.V. Urbanistika. 2013. № 1. pp. 39-45.
 2. Sokolov L.I. Upravleniye otkhodami: uchebnoye posobiye [Waste management: Tutorial]. Moskva. Infra-Inzheneriya, 2018. 209 p.
 3. Sotnezov A.V., Zaytsev V.A., Tarasova N.P. Ekologiya tekhnosfery. 2015. № 4. pp. 10-15.
 4. Karelin A.E., Kozhemyachenko A.V., Lemeshko M.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, № 7 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2021/7064.
 5. Pak Yu.A. Sposob sortirovki musora [Waste sorting method]. Patent for invention RU 2 624 288 C1 2017.07.032016117281. Byul. № 19. 2016, № 2016117281. URL: patents.s3.yandex.net/RU2624288C1_20170703.pdf.
 6. Lemeshko M.A., Srebro S.V., Kochuev Yu.Yu., Sal'nik S.V. Mekhanicheskiy skhvat [Mechanical grip]. Patent for invention RU 2 257 996 C1. Byul. № 22. 2003, № 2003135672/02. URL: patents.s3.yandex.net/RU2257996C1_20050810.pdf.
 7. Lukka T.J., Tossavainen T., Kujala J.V., and Raiko T., Zenrobotics recyclerrobotic sorting using machine learning, in Proceedings of the International Conference on Sensor-Based Sorting (SBS), 2014, pp 1-8.
 8. Mullins J., All-seeing garbage sorter, NewScientist, vol. 6, 2008, pp. 1-3.
 9. Paulraj S.G., Hait S., and Thakur A. Automated municipal solid waste sorting for recycling using a mobile manipulator, in ASME 2016 International
-



Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. American Society of Mechanical Engineers, 2016, 53-60 pp.

10. Williams E.A. and Bentil J. American Journal of Engineering Research (AJER), 2016, vol. 5, no. 7, pp. 48-52.