

**ИНФОРМАТИКА. КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

doi: 10.51639/2713-0576\_2023\_3\_2\_188

УДК 678.004+621.928.19

ГРНТИ 20.53.19

ВАК 08.00.05

**Анализ существующих методов оптической сепарации ТБО**<sup>1</sup>\* Ганциевский А. В., <sup>2</sup> Заргарян Е. В.

<sup>1</sup> *Институт радиотехнических систем и управления Южного Федерального университета, 347922, ЮФО, Ростовская область, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, корпус «Г»*

<sup>2</sup> *Институт радиотехнических систем и управления Южного Федерального университета, 347922, ЮФО, Ростовская область, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, корпус «Г»*

email: \* [gantsievskii@sfedu.ru](mailto:gantsievskii@sfedu.ru), [evzargaryan@sfedu.ru](mailto:evzargaryan@sfedu.ru)

В данной статье проводится анализ существующих методов оптической сепарации твердых бытовых отходов (ТБО). Рассматриваются методы сепарации ТБО с различными сепараторами и ручным отбором материала, а также метод отбора материала при помощи компьютерного зрения. Проводится анализ компьютерного зрения с ИНС и выбирается наилучший метод.

*Ключевые слова:* технологический процесс, оптическая сепарация, компьютерное зрение, искусственные нейронные сети.

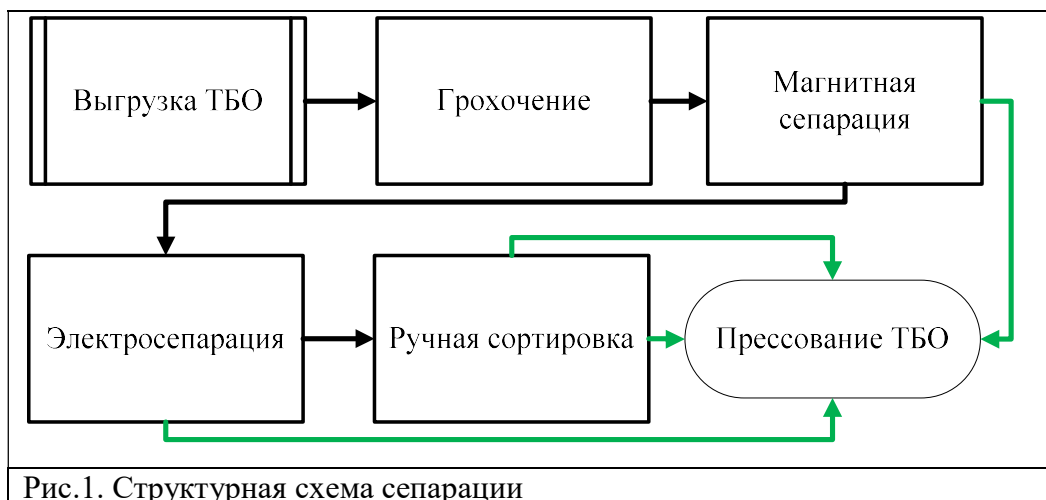
**Теория и методы исследования**

По данным федеральной схемы обращения с отходами, ежегодно в Российской Федерации образуется около 60 млн. тонн отходов. По данным регионов уровень сортировки составляет 41 %, это на 10 % выше, чем в 2022 году (уровень сортировки составлял 30 %). Исходя, из этого следует, то, что сортировка ТБО стремительно растет. За последние годы все больше и больше открывается новых предприятий по переработки или сортировки мусора. Взять в пример Ростовскую область, открыли второй объект по переработки мусора в рамках реализации национального проекта «Экология» и регионального проекта «Комплексная система национального обращения с ТКО» Так же планируется в ближайшем будущем построить восемь подобных комплексов.

Одним из основных процессов подобного комплекса является сепарация ТБО. Существуют различные методы сепарации ТБО, к примеру, методы грохочения (разделение мусора грохотами разных типов), воздушные, магнитные и т.п. Чаще всего предприятия выбирают совокупность методов сепарации (см. рис 1) [1].

**Полученные результаты и их обсуждение**

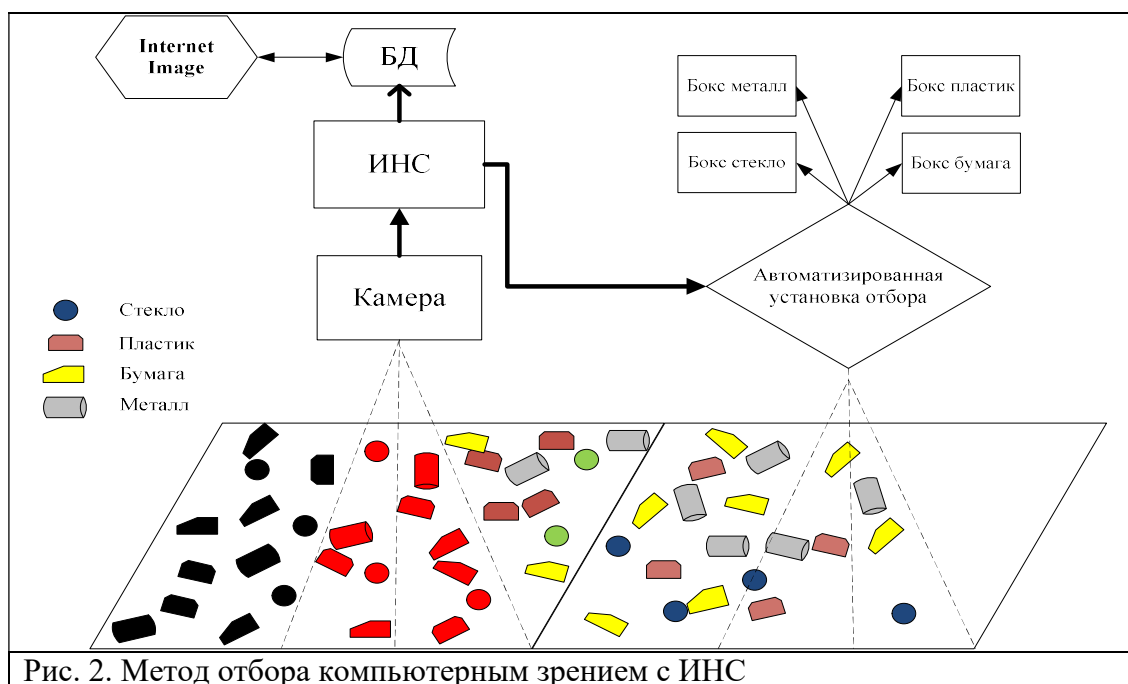
Наиболее современный метод, который начали недавно применять, оптическая сепарация. Оптическая сепарация – это вид сепарации, который определяет вид материала (жестяная банка, пластиковая бутылка и т.п.) по выбранным характеристикам при помощи компьютерного зрения [2].



Существуют различные виды оптической сепарации, которые применяются в разных областях деятельности, выделим наиболее распространение [3]:

- ИК спектроскопия – определение видов в инфракрасном диапазоне
- Фотометрические сепараторы – определение по цвету, блеску и отражение материала
- Компьютерное зрение с ИНС

Наиболее эффективным способом является компьютерное зрение. Задача сепаратора разделить ТБО на четыре класса: стекло, бумага, металл и пластик. По конвейерной линии заранее подготовленное ТБО поступает в отдел с фото камерой, которая делает фотографии. Далее фотографии поступают в базу данных, ИНС анализирует по фото какой материал подходит к данному объекту, и отправляет сигнал на автоматизированную или автоматическую установку по разделению материала (см. рис. 2). Эту базу данных собирают как внутри предприятия по переработки мусора, так и в заимствуют на специальных сайтах. За границей такие сайты пополняют за отдельную плату люди.



Компьютерное зрение использует следующие методы ИНС:

1. Машина опорных векторов (SVN). Машина опорных векторов или SVM — это один из самых популярных алгоритмов обучения с учителем, который используется как для задач классификации, так и для задач регрессии. Однако в первую очередь он используется для задач классификации в машинном обучении. Цель алгоритма SVM — создать наилучшую линию или границу решения, которая может разделить  $n$ -мерное пространство на классы, чтобы мы могли легко поместить новую точку данных в правильную категорию в будущем. Эта граница наилучшего решения называется гиперплоскостью. SVM выбирает крайние точки/векторы, которые помогают в создании гиперплоскости. Эти крайние случаи называются опорными векторами, и, следовательно, алгоритм называется машиной опорных векторов.

2. AlexNet. Невероятно мощная модель, способная обеспечить высокую точность на очень сложных наборах данных. Однако удаление любого из сверточных слоев резко снизит производительность AlexNet, является ведущей архитектурой для любой задачи по обнаружению объектов и может иметь огромные приложения в области компьютерного зрения для задач искусственного интеллекта. В будущем AlexNet может использоваться для задач изображения чаще, чем CNN. В качестве важной вехи в более широком применении глубокого обучения AlexNet также можно приписать внедрение глубокого обучения в смежные области, такие как обработка естественного языка и анализ медицинских изображений.

3. К-ближайший сосед (KNN). Алгоритм  $k$ -ближайших соседей, также известный как KNN или  $k$ -NN, представляет собой непараметрический классификатор с контролируемым обучением, который использует близость для классификации или прогнозирования группировки отдельных точек данных. Хотя его можно использовать как для задач регрессии, так и для задач классификации, обычно он используется в качестве алгоритма классификации, основанного на предположении, что похожие точки могут быть найдены рядом друг с другом.

4. Предварительное обучение VGG-16. Предварительно обученная модель — это модель, которая ранее была обучена на наборе данных и содержит веса и смещения, которые представляют функции любого набора данных, на котором она обучалась. Изученные функции часто переносятся на другие данные. Например, модель, обученная на большом наборе данных изображений птиц, будет содержать изученные функции, такие как края или горизонтальные линии, которые вы могли бы перенести в свой набор данных. VGG16 — модель сверточной нейронной сети [4].

Самым эффективным считается модель VGG-16, она достигает максимальной точности в 93%, но при этом ИНС требует больших вычислительных ресурсов чем традиционные методы. Кроме этого точность может быть улучшена с помощью тонкой настройки, а так же если доступны больше данных, то и точность увеличиться. AlexNet и VGG-16 используют большую часть фотографий из БД ImageNet. Они достигают низкой ошибки при обучении более миллиона изображений.

С развитием ИНС можно сделать вывод, что методы оптической сепарации еще не раз будет модернизирован и использован в разных направлениях деятельности.

### **Конфликт интересов**

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

## Список литературы

1. А. В. Ганциевский, Е. В. Заргарян Автоматизация технологического процесса купажирования виски / ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ (ИТСАУ-2020). Сборник трудов XVIII Всероссийской научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. В 3-х томах. Ростов-на-Дону - Таганрог, 2020.
2. Акинин М. В. Нейросетевые системы искусственного интеллекта в задачах обработки изображений / М. В. Акинин, М. Б. Никифоров, А. И. Таганов. - М.: ГЛТ, 2016. - 152 с.
3. Николенко С., Кадури Е., Архангельская А. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. – СПб, 2018. – 480 с.
4. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных // пер. с англ. М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.

### **Analysis of existing methods of optical separation of MSW**

Gantsievskiy A. V., Zargaryan E. V.

*Institute of Radio Engineering Systems and Control, Southern Federal University, 347922,  
Southern Federal District, Rostov Region, Taganrog, per. Nekrasovsky, 44, building "G"*

This article analyzes the existing methods of optical separation of municipal solid waste (MSW). Methods for the separation of solid waste with various separators and manual selection of material, as well as a method for selecting material using computer vision are considered. An analysis of computer vision with ANN is carried out and the best method is selected.

*Key words:* Technological process, automation, separation, optical separation, computer vision, artificial neural networks.