

# 基于深度学习的城市生活垃圾图像分类识别研究

张侠

云南开放大学 云南国防工业职业技术学院, 中国·云南 昆明 650504

**摘要:** 为适应低碳生活, 达到城市垃圾分类与资源化利用的目的, 要对城市垃圾进行无害化和资源化的处理。原来的依靠人工分拣城市垃圾已经无法满足处理要求, 一方面人工分拣效率低、准确率低; 另一方面, 垃圾对工人的健康造成不良的影响。在人工智能和大数据发展的背景下, 通过计算机视觉智能设备进行城市垃圾分类, 包括对玻璃、塑料、纸张、金属等, 取得了良好的效果。特别是深度学习计算在计算机视觉领域的成功应用, 提高了图像分类的准确率和工作效率, 这为利用深度学习技术设计垃圾图像分类识别系统打开了新的大门。课题的研究从收集城市垃圾分类的数据, 建立城市垃圾的图像分类识别检测数据集, 并且选择合适的算法构建垃圾分类图像识别模型, 最后设计出新型城市生活垃圾图像分类识别系统。

**关键词:** 低碳; 垃圾分类; 深度学习; 图像识别

## Research on Image Classification and Recognition of Municipal Domestic Waste Based on Deep Learning

Xia Zhang

Yunnan Open University Yunnan Vocational and Technical College of National Defense Industry, Kunming, Yunnan, 650504, China

**Abstract:** In order to adapt to low-carbon life and achieve the purpose of classification and resource utilization of urban garbage, it is necessary to treat urban garbage harmlessly and resource. The original manual sorting of urban garbage can no longer meet the treatment requirements. On the one hand, manual sorting has low efficiency and accuracy; on the other hand, garbage has a negative impact on workers' health. Under the background of the development of artificial intelligence and big data, the computer vision intelligent equipment is used to classify urban garbage, including glass, plastic, paper and metal, and good results have been achieved. In particular, the successful application of deep learning computing in the field of computer vision has improved the accuracy and efficiency of image classification, which has opened a new door for the design of garbage image classification and recognition system using deep learning technology. The research of the subject starts from collecting the data of municipal solid waste classification, establishing the image classification and detection data set of municipal solid waste, and choosing the appropriate algorithm to build the image recognition model of municipal solid waste classification, and finally designing a new image classification and identification system of municipal solid waste.

**Keywords:** low carbon; garbage classification; deep learning; image recognition

## 0 前言

城市大量的生活垃圾给生态系统带来了巨大的负担, 对一些城市甚至形成了垃圾围城。由于生活垃圾处理方式的不同, 导致了环境污染和资源难以回收。因此, 城市生活垃圾分类处理已经是急需解决的问题。为达到对城市生活垃圾进行初级分类, 街道有可分拣垃圾箱, 但仍需手工将垃圾投进指定的分拣端口。智能垃圾桶在市面上逐渐出现, 但是研发的水平还不够高, 且多是以自动感应式的翻盖为主; 无法将垃圾进行有效的分类, 并且其费用较高, 覆盖面较窄。在城市集中处理生活垃圾的工厂, 这种复杂的混合型的垃圾, 需要较高的智能识别才能进行有效的分类。

深度学习是一种通过模仿人脑对图像进行处理的神经网络模型, 这个模型是一个更加复杂, 更加宽广的神经网络。

该算法可有效降低算法的复杂度, 并可用于模型培训。当前大部分的图像识别和检测方法都是在深度神经网络的基础上进行的。基于此, 本项目提出了基于深度学习的城市生活垃圾图像分类识别的自动分类方法。

## 1 基于深度学习的垃圾图像分类识别系统的实现

### 1.1 垃圾图像分类识别数据集

依据明确的城市生活垃圾分类条例和适合中国国情的“垃圾分类”规范, 构建出一套有效的垃圾分类图像识别数据库。现有的垃圾图像分类识别数据集类型不多, 主要采用华为、TrashNet 等多种类型的数据进行分类<sup>[1]</sup>。通过以下几种方式来创建一个城市生活垃圾图像分类识别的数据库: 通过手工下载筛选, 使用现有的垃圾图像分类数据集, 以及对

生活中的真实的各类垃圾进行拍摄。

在应用于深度神经网络前，必须对垃圾图像分类其进行预处理，提高其训练效率，增强其对图片数据判定的能力，使其达到最优性能。

### 1.2 垃圾图像分类识别模型构建

针对现有的可回收垃圾分类识别方法存在的识别精度不高的问题，对可回收垃圾图像识别进行了分类实验<sup>[2]</sup>，采用深度学习的方法来进行垃圾分类图片识别模型的构建，其训练的步骤如下：

①垃圾图像分类处理与增强。该方法首先采用了一种基于线性内插的方法对图像进行预处理，然后采用图像加强的方法转化图像格式，从而减小了图像的辨识过程；从而为该模型提供优化的学习速率。其计算公式如下<sup>[3]</sup>：

$$f(x, y_1) \approx \frac{x_2-x}{x_2-x_1} f(Q_{11}) + \frac{x-y_1}{x_2-x_1} f(Q_{21}) \quad (1)$$

$$f(x, y_2) \approx \frac{x_2-x}{x_2-x_1} f(Q_{12}) + \frac{x-y_1}{x_2-x_1} f(Q_{22}) \quad (2)$$

$$f(x, y) \approx \frac{y_2-y}{y_2-y_1} f(x, y_1) + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} f(x, y_2) \quad (3)$$

$$f(x, y) \approx \frac{y_2-y}{y_2-y_1} \left( \frac{x_2-x}{x_2-x_1} f(Q_{11}) + \frac{x-y_1}{x_2-x_1} f(Q_{21}) \right) + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} \left( \frac{x_2-x}{x_2-x_1} f(Q_{12}) + \frac{x-y_1}{x_2-x_1} f(Q_{22}) \right) \quad (4)$$

$$f(x, y) = \frac{1}{(x_2-x_1)(y_2-y_1)} [x_2 - xx - x_1] \begin{bmatrix} f(Q_{11}) & f(Q_{12}) \\ f(Q_{21}) & f(Q_{22}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_2 - y \\ y - y_1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

其中， $Q_{11} = (x_1, y_1)$ ， $Q_{12} = (x_1, y_2)$ ， $Q_{21} = (x_2, y_1)$ ， $Q_{22} = (x_2, y_2)$ 。

②针对目前的城市生活垃圾图像分类识别的设计需求，对卷积神经网络模型进行了优化。

③对城市生活垃圾图像分类数据集 1200 个样本进行训练，对其余 1500 张数据图像进行训练。在此基础上，提出一种基于自适应神经网络的自适应学习算法，并利用自适应学习算法对其进行优化，使其识别精度达到 85%~90%。

基于最基础的垃圾图像分类识别建模，要达到更高的识别精度，除了需要选择适当的神经网络，还需要将注意力机制与整合学习相结合。注意机理的实质就是模拟人的视觉模式，注重对生活垃圾图像分类中重要的部分进行提取，从而更好地帮助电脑从大量的生活垃圾分类照片中提取出有用的信息，从而提升识别的效果。论文采用一种兼顾信道和信道两个维度的注意机理模型，兼顾空域和信道两个维度上的关键信息，强调其重要性。其通道注意力公式如（6）所示<sup>[3]</sup>：

$$M_c(F) = \sigma \left( MLP(AvgPool(F)) + MLP(MaxPool(F)) \right) = \sigma \left( W_1 \left( W_0(F_{avg}^c) \right) + W_1 \left( W_0(F_{max}^c) \right) \right) \quad (6)$$

空间注意力公式如（7）所示：

$$M_s(F) = \sigma \left( f^{7 \times 7} ([AvgPool(F); MaxPool(F)]) \right) = \sigma \left( f^{7 \times 7} ([F_{avg}^s; F_{max}^s]) \right) \quad (7)$$

集成学习则对数据的全方位表示，对多个数据进行集成分析，提高垃圾图像分类识别模型的泛化能力和准确率<sup>[1]</sup>。

### 1.3 垃圾图像分类识别系统的实现

#### 1.3.1 垃圾图像分类识别系统的设计框架

垃圾图像分类识别系统的设计采用了用户指令、前端、后端和界面四大模块来实现垃圾图像分类识别处理。它的工作过程是由使用者发布一个命令，由前面的显示模块向背景发送信息，然后由后台对接收到的垃圾图像分类资料进行预处理，然后将其输入设定好的模式<sup>[1]</sup>，从而获得垃圾的类型和准确定位。然后将检测到的图像识别数据和标记信息返回到前端，由智能机器人来执行垃圾分类处理。

#### 1.3.2 垃圾图像分类识别在线检测

采用垃圾图像分类识别检测算法是一种基于深度学习的图像处理方法，目的是获取更高质量和更清晰的图像，从而帮助建立更精确的垃圾图像分类识别模型。该系统通过调用实时在线摄像头<sup>[1]</sup>，首先对视野中垃圾类型进行检测，在此过程中，首先要确定摄像头的连接是否合适，并且还包含了对当地垃圾类型数据的调用界面；该系统采用了实时采集与局部采集相结合的方式，能够很好地解决大规模垃圾图像分类识别现场监测问题，并对各类型垃圾图像进行识别与标识。

将面邻多幅叠加在一起的生活垃圾类型图像同时存在于视频中，因此必须对其进行分帧，以获得与模型检测相一致的图像。所使用的深度 SORT 算法是在 SORT 算法的基础上进行了改进，从而满足对生活垃圾图像分类识别与模拟，在经过处理后可将其输送到网络中。

#### 1.3.3 垃圾图像分类识别检测系统测试

通过以上数据采集方式获得部分垃圾图片，测试中的数据以纸类、金属、塑料、玻璃四大类为例来进行实验分析。在完成了软件的设计以后，还要对其进行系统性的图像分类识别测试，在开发阶段，有可能存在的缺陷进行发掘，以防止在实践中发生问题，从而降低了整个系统垃圾图像分类识别的运行效果。对该系统的试验分为两部分：静态垃圾图像分类识别试验和动态垃圾图像分类识别试验。静态垃圾图像分类识别试验就是从设计方案与框架，图像数据处理流程，图像识别设计逻辑来评价垃圾图像分类识别探测系统，以保证此次设计达到预定的图像识别目标。动态垃圾图像分类识别设计指的是对被测的程序进行持续的检测，对它的某些或全部的功能进行检测，再把相关的垃圾图像分类识别资料录入到该体系内进行试验，并对得到的结论进行分析和判断，从而达到更准确地识别垃圾图像分类，进行垃圾分类的目的。

### 1.3.4 垃圾图像分类识别测试结果分析

在这个实验中使用了一段在垃圾输送机上拍摄到的录像，第一步就是验证摄像机的使用是否已经结束。然后通过摄像头采集到的信息，判断出这些城市生活垃圾的数量和位置，并进行标记，然后将这些信息传递到系统的后台，再由智能机器人来完成垃圾分类。

通过对以上 4 种不同类型的城市生活垃圾图像分类识别实测，发现在不同类别的城市生活垃圾图像分类识别中，以金属为主的类别图像识别最为明显，形状较为固定，易于识别，而纸张图像识别失误率较高，这主要是由于受到了遮挡的影响，像素不足，照明亮度不足，纸张易变形，以及与其他物品进行黏连等原因造成这种情况。从总体上看，本系统能够满足对城市生活垃圾图像分类识别的基本需求（见图 1）。

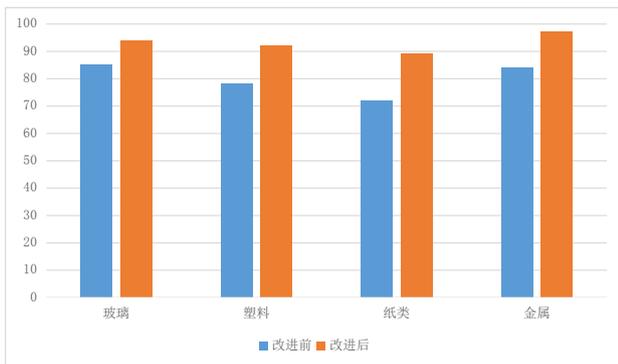


图 1 垃圾图像识别正确率图

该系统通过与机器人机械手抓持系统进行信息互动，从而完成了对垃圾进行实时抓取和分类等作业<sup>[3]</sup>，在一定程度上满足现实中对城市生活垃圾图像分类识别设备的

实时在线监测精度需求。

在测试方面，将注意力机制与融合式融合的卷积神经网络引入到多个网络中，以增强其对影像中关键信息的重视程度，进而利用融合学习的方式实现多个网络模型的融合，以解决单个模型存在的过拟合问题；同时，提升模型的泛化性能<sup>[9]</sup>。利用提炼方法获得具有较好推广性能模型，以获得具有较低模型复杂度和较高探测效率的模型，方便其在某些低运算条件下的应用。

## 2 结论

研究了基于深度学习的城市生活垃圾图像分类识别系统的设计实现，探讨了图像识别增强、图像识别系统结构改进优化等方面的策略。但难以满足城市生活垃圾数量巨大和复杂的混合式垃圾分类场景的需求，需要更高层次的图像处理算法应用于垃圾图像分类识别系统的实现，进行垃圾分类智能研究。通过更高级的深度学习方法，提升中国城市垃圾分类的工作效率，特别是针对混合式垃圾，使其能够最大限度地发挥垃圾的无害化、减量化和资源化作用。

### 参考文献：

- [1] 王禹,于涛,冯国一,等.基于iPhone图像和深度学习的垃圾分类识别研究[J].赤峰学院学报(自然科学版),2024,40(3):15-20.
- [2] 郑誉煌,戴冰燕,熊泽琿,等.基于迁移学习的可回收生活垃圾图像分类识别研究[J].广东第二师范学院学报,2020,40(3):94-100.
- [3] 林心宇.基于深度学习的垃圾分类系统设计[J].今日制造与升级,2022(6):34-38.

基金项目：云南开放大学 云南国防工业职业技术学院 科学研究基金项目，“基于数字孪生的智能生产线的构建与仿真”，项目编号：23YN006。