

基于图像识别的智能垃圾分类小车设计

吴洪艳, 徐东萍, 甘尚艳

(岭南师范学院 电子与电气工程学院, 广东 湛江 524048)

摘要: 文章基于图像识别技术设计一款可移动的智能垃圾清洁分类小车, 该小车能够在行进过程中自动识别垃圾, 实现垃圾清洁分类。以 Arduino mega 2560 为主控板, 借助 K210 图像识别装置, 采用基于卷积神经网络的算法对垃圾图像进行识别与分类, 并在液晶屏上显示识别与分类结果, 语音提醒垃圾桶装满信息。测试结果表明, 该文设计的智能垃圾分类小车识别分类准确率高, 运行平稳顺畅。

关键词: 图像识别; 智能小车; 垃圾分类

中图分类号: TP391.4; X705

文献标识码: A

文章编号: 2096-4706 (2023) 03-0143-04

Design of Intelligent Garbage Sorting Car Based on Image Recognition

WU Hongyan, XU Dongping, GAN Shangyan

(School of Electronic and Electrical Engineering, Lingnan Normal University, Zhanjiang 524048, China)

Abstract: Based on the image recognition technology, this paper designs a mobile intelligent garbage cleaning and classification car, which can automatically identify garbage in the process of traveling and realize garbage cleaning and classification. The Arduino mega 2560 is used as the main control board, and the K210 image recognition device is used to recognize and classify the garbage images using the algorithm based on convolutional neural network, and the results are displayed on the LCD screen to voice alert the trash can of full information. The test results show that the intelligent garbage sorting car designed in this paper has high recognition and classification accuracy and smooth operation.

Keywords: image recognition; intelligent car; garbage classification

0 引言

随着城市化进程的飞速发展, 城市垃圾处理成为城市环境保护和可持续发展的首要任务。在此背景下, 生活垃圾分类逐渐受到重视^[1]。另外, 科技进步促使智能化产品在人们日常生活中的应用越来越广, 出现了智能家居用品、扫地机器人等智能家用电器^[2]。在智慧城市的理念下, 智能系统的出现大大提高了人们的工作效率。如何运用先进技术, 科学高效地处理生活垃圾, 促进资源再利用成为政府亟须解决的问题^[3]。将图像处理技术与垃圾分类有机地融合, 设计一款智能语音控制垃圾分类系统, 解决传统垃圾分类依靠人工识别、分类效率低下的问题, 此项工作具有重要的实用价值, 可以更好地实现资源回收和再利用^[4-7]。

目前市面上的垃圾分类产品大都是大型化、不可移动的, 由于是固定化形式的, 对没有扔入的垃圾没法处理。通过采用机器视觉和避障模块实现可移动化的垃圾分类可解决这一问题, 保障大型场所室内卫生的干净整洁, 实现垃圾分类, 营造绿色环境。

1 总体设计方案

智能垃圾分类小车是车载分类垃圾桶, 在移动过程中实现对垃圾的回收与分类。在没有寻找到垃圾的时候, 小车先用超声波识别障碍物, 并使用直流电机控制麦克纳姆轮进行避障行走, 图像识别装置在小车行进过程中寻找垃圾。图像识别装置以 K210 芯片为主控, 小车前方的摄像头将图像传给芯片后, 通过卷积神经网络的计算, 识别出图像中的垃圾, 按照可回收物、不可回收物、其他垃圾的分类标准进行分类判断。在图像识别装置得出数据后, 通过串口通信传送给主控板 Arduino。主控板再通过舵机控制小车的铲子将垃圾铲起, 并将垃圾放至小车上相应类别的垃圾桶中。同时, 通过红外模块, 实时测量垃圾桶是否已满, 如果垃圾桶已满, 则发一个信号给主控板, 此时, 语音模块发出语音提示“垃圾已满”。智能垃圾处理小车顺应时代发展, 可轻松实现垃圾分类, 同时又将垃圾分类与小车结合在一起, 实现动态的垃圾分类, 解决室内卫生问题。具体的系统设计方案如图 1 所示。

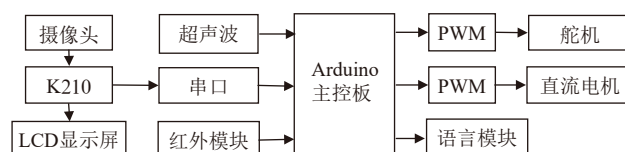


图 1 系统设计方案

收稿日期: 2022-10-10

基金项目: 岭南师范学院教学质量与教学改革工程建设项目 (岭师教务〔2020〕81 号); 广东省高职教育改革创新与实践项目 (GDJG2021368); 岭南师范学院—北京三清互联科技有限公司实践教学基地 (岭师教务〔2021〕165 号)

2 系统硬件设计

基于设计方案,对主要组成部分进行详细设计。

2.1 Arduino Mega 2560 主控板

Arduino Mega 2560 作为主控板,通过收集超声波测距模块和光电传感器的信息对小车周围环境情况进行判断,实现小车的自主运动与避障。同时判断 k210 通过串口传输的数据,对地面上的垃圾进行分类处理,再通过串口发送垃圾种类给语音识别模块。此外,小车上的临时垃圾桶装满后,Arduino 发送信号给工作人员进行下一步的处理。

2.2 K210 芯片

K210 芯片作为图像识别装置的主控,拥有 1TOPS 的算力,在卷积神经网络计算方面有一定的优势,所搭载的 SD 上存放有基于 YOLO 目标检测算法训练的图像识别模型。当接收到摄像头 OV2640 传来的图像时,利用卷积神经网络及已经训练好的模型进行计算,分析图像中是否有垃圾,并通过串口将结果实时传送至主控 Arduino,同时将垃圾位置框出,连同垃圾种类一起在 LCD 屏中显示出来。当摄像头传过来的图片中未显示有垃圾时,则不发送数据。

2.3 LCD 显示屏 (ST7789) 显示识别情况

运用高清全彩 IPS LCD 实时显示图像。如果图像中存在垃圾时,在屏幕中显示垃圾所在的区域及垃圾类别,可以验证能否正确寻找图像中的垃圾以及所识别的图像垃圾类别是否正确。

2.4 超声波测距和光电开关组成的避障模块

小车的头部是避障最为关键的部分,在车头中心位置加装超声波传感器,两侧对称放置光电传感器,尽可能扩大环境探测范围。此外,车体两侧也是避障的关键点。在避障过程中,它们的作用是让车身与两侧的障碍物保持安全距离。通过超声波测距模块和光电传感器对周围环境做出判断,与构建好的控制规则进行比较,在代码中设置不同环境下小车的运动动作,当超声波返回的数值小于所设置的距离或光电开关置于“0”时,小车改变当前的运动状态。与红外测距相比,光电开关传感器抗干扰能力强,频率响应快,检测准确度高,适用于不同的室内光线,克服小车使用场景的局限性。

2.5 TB6612FNG 电机驱动

TB6612FNG 是一款新型电机驱动器,具有集成度高、输出能力强、能耗低等优点。通过改变 Arduino 的引脚输入对应码值和 PWM 输入数值,即可控制电机正反转和转速,实现相应的动作,有效控制小车运动。

2.6 摄像头 OV2640 捕捉图像

这款摄像头拥有高灵敏度,适合低照度应用,可以适配 K210,且拥有 200 万像素,能够清晰地获取图像,提高图像识别的准确率。

2.7 舵机组合模块

舵机的转动由 PWM 脉冲控制,通过改变输入信号脉冲宽度的方式来改变舵机转动的角度,能够很精确地控制电机的转动,从而实现精确的定位。在实现垃圾的抓取和倒置时,我们选用舵机 MG996R 设计两个可自由活动的垃圾铲子抓取垃圾,使用舵机 SG90 控制垃圾桶的翻转。

2.8 Q8900-16P 语音模块

能够灵活有效地更换存储的语音内容,使得产品研发和生产变得简单便捷,同时价格适中,非常适合应用在实际生活中。将语音模块和喇叭安装在小车上,实现在不同情况下播报不同的语音,让使用者可随时了解智能垃圾小车的运动状态。

3 系统软件设计

3.1 系统主控程序

如图 2 所示为系统主控流程图,先初始化各个功能模块,实时检测小车周围的环境情况,根据传感器返回的数据控制小车执行避障程序,从而实现小车的自主运动。在小车运动过程中,同时使用摄像头检测是否有垃圾,若有垃圾,K210 经过卷积神经网络分类处理,同时通过串口发送数据给主控板,主控板控制舵机转动,抓取垃圾放入不同的垃圾桶。当垃圾桶中的垃圾装满时,会发出语音提醒工作人员进行处理。

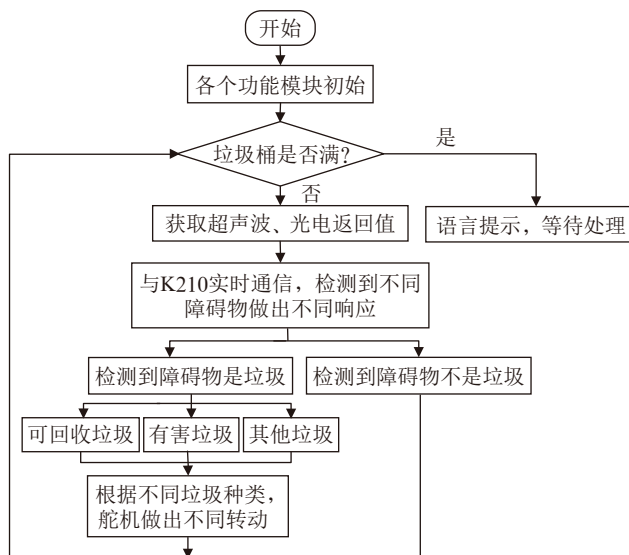


图 2 主控程序流程图

避障功能部分代码如图 3 所示。

3.2 图像识别装置 (K210) 程序

如图 4 所示为图像识别装置 (K210) 程序框图,先初始化摄像头和屏幕,打开 SD 卡里的模型文件和 anchors、lable 文件,设置串口通信的引脚,然后由 K210 芯片处理摄像头传来的图片,并将处理结果通过串口传出去,同时将垃圾框出,连同处理结果一起显示在 LCD 屏上。

3.3 YOLO 目标检测算法

YOLO 是一种国外开源的目标检测算法,YOLO 本质上是一个回归问题,图像作为神经网络结构的输入,输出为边界框的位置及其所属的类别。

YOLOv2 是其中一个版本,利用 K-means 聚类方法获得更好的 Anchor 模板,同时结合图像细粒度特征,将浅层特征与深层特征相关联,有利于小目标的检测。但 YOLOv2 算法相比之前的系列算法,提高了定位准确性,并且基于 region proposal 的方法相比召回率有所提高,因此选用 YOLOv2 算法实现垃圾分类。

```
void Run()
{
    if(distance<25)
    {
        motor(0,0,0,0); //stop
        connect(); //判断是什么垃圾
        if(distancezuo<distanceyou)
        {
            motor(-23,0,-23,0); //意为右后
            delay(750);
            motor(-23,-23,23,23); //youxuan
            delay(300);
        }
        else if(distancezuo>distanceyou)
        {
            motor(0,-23,0,-23); //意为左后
            delay(750);
            motor(23,23,-23,-23); //zuoxuan
            delay(300);
        }
        else if(distancezuo==distanceyou)
        {
            if((left==1)&&(right==0)) //0为有物体
            {
                motor(-20,-20,-23,-23); //意为倒车
                delay(500);
                motor(23,23,-23,-23); //zuoxuan
                delay(300);
            }
            else
            {
                motor(-20,-20,-23,-23); //意为倒车
                delay(500);
                motor(-23,-23,23,23); //youxuan
                delay(600);
            }
        }
        else
        {
            motor(23,23,-23,-23); //zuoxuan
        }
    }
}
```

图 3 避障功能部分代码

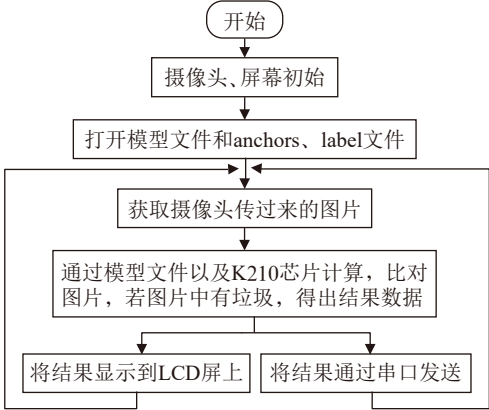


图 4 图像识别装置 (K210) 程序流程图

4 系统测试

为了让图像识别更加精准, 计算更加准确, 采用 YOLO 目标检测算法进行模型训练, 同时选择拥有高算力的 K210 芯片进行卷积网络计算。此外, 小车搭载大扭力的舵机以及 3D 打印的铲子, 保证铲子拥有较高的载重能力同时能够准确地铲起垃圾。在进行物体垃圾分类识别时, 除了芯片算力的问题, 还有 SD 卡中训练的模型准确度问题。这就涉及训练集的大小和精度, 以及模型是否适配 K210 芯片的问题。经过一系列的尝试, 最终选择本地训练的模式。关于小车避障部分, 在实现过程中也遇到了一些困难。小车综合采用超声波及光电实现避障功能, 传感器在小车上并不能完全覆盖每一个角度, 因此在一些比较极端的环境下, 小车与障碍物存在碰撞情况,

因此在实现过程中我们在调整传感器角度的同时, 后续还会安装防撞导向挡板, 使小车的避障功能更加完善。除此之外, 我们在测试过程中发现, 小车在遇到三面都是障碍物时可能会出现循环移动的路线, 这是因为小车左右遇到障碍物时的旋转角度一致。当障碍物左右距离相等的时候, 小车会不断地左右转动, 我们的解决方法是稍微调整小车的转动角度, 同时向斜后方倒车, 让左右两边的距离差增大, 后续我们还会继续根据车身来调整车速和转动方向。图 5 与图 6 展示了小车在行进过程中遇到电池垃圾, 经过分类识别后, 用铲子铲起电池垃圾, 然后将其放入对应的分类垃圾桶中。

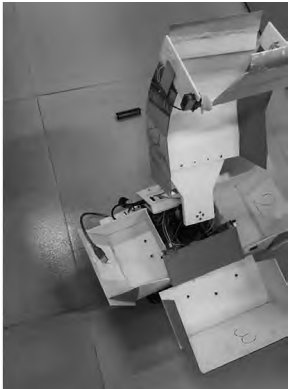


图 5 行进中遇到垃圾

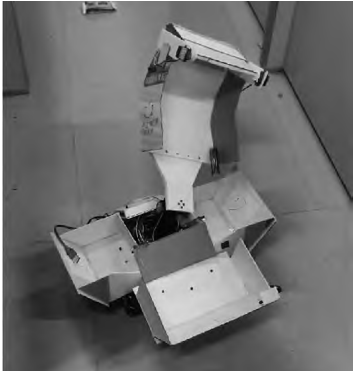


图 6 分类后放入对应的垃圾桶中

4.1 不同环境下的小车避障测试

将小车放入不同环境中进行测试, 检测小车能否成功避障, 记录小车在不同环境下的测试结果。障碍物出现在车头前方 a, 出现在车头左方 b, 出现在车头右方 c, 出现在车头左右方 d, 出现在车头的前方、左方 e, 出现在车头前方、右方 f, 出现在车头前方、左右方 g。试验结果如表 1 所示, 小车能够在不同环境中实现避障功能。

表 1 小车避障情况表

环境类型	实验次数	成功率
a	10	100%
b	10	100%
c	10	100%
d	10	100%
e	10	100%
f	10	100%
g	10	95%

4.2 垃圾识别正确率的测试

训练模型中将垃圾分为三类,分别是有害垃圾、可回收垃圾和其他垃圾。进行了10次试验,其中有9次能正确识别出垃圾,成功率为90%。另外在对不同类别垃圾进行分类识别的实验中,有害垃圾的分类准确率低于可回收垃圾及其他垃圾的分类准确率,如表2所示。试验结果表明,小车能够正确识别垃圾,但在对有害垃圾的识别分类上还要提高准确率。

表2 识别各垃圾类型准确率结果

垃圾类型	有害垃圾	可回收垃圾	其他垃圾
准确率	90%	100%	100%

4.3 垃圾拾取成功率测试

对小车铲垃圾动作准确性进行实验,进行了10次实验,成功率达到100%,试验结果表明,小车能够正常铲起垃圾。

5 结论

随着人们对环境清洁需求的日益增加,垃圾分类正在融入人们的生活,为此设计和制作一款基于图像识别的智能垃圾小车。摒弃了市面上固定垃圾桶的垃圾分类方法,采用装载了能让小车横向行走的麦克纳姆轮的小车巡逻的方法,避免了垃圾桶旁边堆放垃圾无人清扫的情况,提高了清洁的灵活性,节省了人力成本,更好地保证了环境的干净整洁。小

车采取图像识别垃圾自动分类,避免了依赖人工进行垃圾分类的弊端,让小车清洁、垃圾分类的一系列流程能够顺利、高效地进行,让小车的使用更智能、更简便,门槛更低。

参考文献:

- [1] 彭超. 数字乡村战略推进的逻辑 [J]. 人民论坛, 2019(33): 72-73.
 - [2] 范攀峰, 李露露. 基于 Smart3D 的低空无人机倾斜摄影实景三维建模研究 [J]. 测绘通报, 2017(S2): 77-81.
 - [3] 李加忠, 程兴勇, 郭湧, 等. 三维实景模型在景观设计中的应用探索——以金塔公园为例 [J]. 中国园林, 2017, 33(10): 24-28.
 - [4] 康荔, 蔡磊, 张鑫, 等. 倾斜摄影技术在农村宅基地权属调查测量中的应用研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2019, 42(11): 236-238.
 - [5] 李智广. 基于 WebGIS 的乡村管理平台设计与研究 [J]. 中国建设信息化, 2020(10): 55-57.
 - [6] 乔贤哲, 张超, 杨建宇, 等. 高分辨率遥感影像中农田灌溉设施的提取 [J]. 测绘通报, 2012(S1): 372-374.
 - [7] 舒小林, 刘东强, 齐培藩, 等. 中国城镇化与旅游业发展的动态关系研究——基于 VAR 模型的分析 [J]. 经济问题探索, 2014(11): 122-129.
- 作者简介: 吴洪艳(1970—), 女, 汉族, 辽宁义县人, 副教授, 博士, 研究方向: 智能控制。

(上接 142 页)

4 北斗网格码对项目监管的赋能价值

4.1 北斗网格码为区位标识问题赋能

园区项目从策划选址到建设投产,存在变化的情况,通过建立唯一的项目编码,有助于项目的识别,尤其是对拆分合并的地块,分层分户的楼宇,北斗网格码可以有效表达地形、高程、深度等全方位的空间数据^[3],同时结合北斗系统的授时功能,具备精确的时空表达功能,为区位标识提供时间信息,更精确的标识项目的变化情况。

4.2 北斗网格码有助于解决整合共享问题

园区项目涉及发改、规划、国土、建设、商务等不同部门。不同业务导致,用户对项目关注角度不同,但又必须确保项目共性一致。基于北斗网格码的项目信息库,很好地承担了索引功能,横向打通了信息的整合与共享通道。一方面,有数据共享需求的部门,提供了项目的最新情况;另一方面,为领导用户展示项目的前世今生,更好地监管项目。

4.3 北斗网格码有助于解决计算延迟问题

依托北斗网格码,基于各类规划数据和现状数据,系统可以提供基于空间位置的分析决策功能,满足有关部门对重大建设工程的选址需求,为不同需求的招商项目,提供匹配度更高的空间。网格计算天然具备分布式计算特性,在海量数据并行计算、复杂场空间分析方面优势明显^[4,5],以此支撑的辅助规划决策应用功能,为用户快速提供多套备选方案,方便领导决策。

5 结论

近来,各地先后提出“提高效率、提升效能、提增效益”行动方案,目的就是联合部门集中会商,聚焦招商引资、产业发展、强化土地规划、加快土地征收、推动项目前期和建设提速、优化企业服务、提高督办质量等一系列全链条工作进行梳理完善,高效率、快节奏推进各级决策部署,切实推进政府项目的落地实施。通过智慧园区项目全流程监管系统的建立,搭建联络各部门的纽带,有利于实现全程跟踪、实时监督,有利于降低监管成本、提高监管成效;依托北斗网格码,提高系统综合分析能力和辅助决策能力,为政府管理与服务赋能,为产业经济发展提供强劲动能,创新项目监管新模式。

参考文献:

- [1] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 北斗网格位置码: GB/T39409-2020 [S]. 北京: 中国质检出版社, 2020.
 - [2] 吴仲兵. 政府投资代建制项目监管体系研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2013.
 - [3] 李潇. 北斗网格码: 一码标记全球 [N]. 学习时报, 2021-11-24(6).
 - [4] 李林, 程承旗, 任伏虎. 北斗网格码: 数字孪生城市 CIM 时空网格框架 [J]. 信息通信技术与政策, 2021(11): 5.
 - [5] 史洪芳, 王智玉, 郑颖尔, 等. 基于北斗网格码的空域资源精细化管理体系 [J]. 民航学报, 2022(1): 6.
- 作者简介: 陈元元(1984—), 女, 汉族, 福建福安人, 信息系统项目管理师, 本科, 研究方向: 智慧城市与地理信息系统。