

基于多感信息融合与边缘计算的路灯节能控制策略研究

韩 强

(安徽理工大学 计算机科学与工程学院, 安徽 淮南 232001)

摘 要: 针对传统路灯能耗高, 控制策略粗犷等问题, 文中提出了一种基于多感信息融合与边缘计算的路灯节能控制策略系统。该系统利用多传感器进行数据融合, 检测路灯前方人群、车辆距离、噪声等, 根据多源环境因素检测人、车, 精确分析路灯需求道路场景。采用视觉统计系统优化路灯亮度控制周期, 该系统将视频数据首先进行直方图均衡化算法处理, 提升暗部细节, 使得夜间道路状况得到有效的图像增强, 之后通过卷积神经网络对二维数据进行处理, 识别并统计人车流量, 最后通过终端控制系统针对人群、车流量来决定路灯亮度控制周期, 对路灯控制系统起辅助作用。同时利用边缘计算实时调节路灯亮度, 提高路灯系统节能特性, 有效降低用电量。

关键词: 信息融合; 边缘计算; 直方图均衡化; 卷积神经网络; 人车检测; 传感器

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 2095-1302 (2020) 10-0043-03

0 引言

城市路灯照明对城市的交通需求及安全具有重要作用, 随着国力的增强, 城市化建设蒸蒸日上, 城市路灯的铺设量越来越大, 随之而来的是城市路灯电能消耗不断增加。由于传统路灯控制方式单一, 精确度差, 路灯电量需求高, 严重阻碍了智慧城市^[1-3]发展进程, 因此急需一种智能化路灯控制系统自动分析道路状况, 积极反馈调节路灯亮度, 使路灯用电量得到有效控制, 补给智慧城市路灯建设短板。

文献[4]介绍了印度利用压电传感器网络原理在路面部署感知节点以检测路面车辆及人群活动的情况, 该系统解决了一般系统对目标检测延迟性高、精确度差的问题, 但压电传感网络部署及后期维护成本较高, 不适宜城市道路大范围铺设。

文献[5]提出孟加拉国利用太阳能 LED 路灯照明的节能方式, 其采用优化太阳能板安装角度的方式解决太阳能收集效率低下的问题, 但由于太阳能充电量少, 光照度较低, 无法满足对城市路灯照明的需求。

文献[6]介绍了一种光照度聚类和支持向量机算法的路灯节能方法, 避免了采集数据误差影响, 但数据采集特征量只限于环境光照度, 夜间路灯节能受到较大限制。

文献[7-8]中应用自然噪声等环境数据控制路灯开关, 设计精简, 便于管理, 但采集数据极易受外界环境影响, 实际应用中可能会出现较大系统控制误差。

针对上述路灯控制系统研究中存在的不足, 笔者设计了一种利用信息融合、人工智能、边缘计算以及云服务的路

灯节能控制方案, 该方案利用多源传感信息融合处理, 扩大对环境因素的感知范围, 增强了车辆、人群的检测效果, 可精确调节路灯亮度。为提升路灯控制周期, 使用直方图均衡化 (Histogram Equalization, HE)^[9-11]与卷积神经网络 (Convolutional Neural Networks, CNN)^[12-14]技术搭建视觉识别系统。HE 算法优化夜间图像特征细节, CNN 算法识别特征, 根据统计目标量决定控制周期。同时利用边缘节点为智能计算的高效低延迟性提供了有效保障。

1 总体设计

基于多感信息融合与边缘计算的路灯节能控制系统由场景感知层、网络传输层、数据资源处理层、云端服务层构成, 具体如图 1 所示。

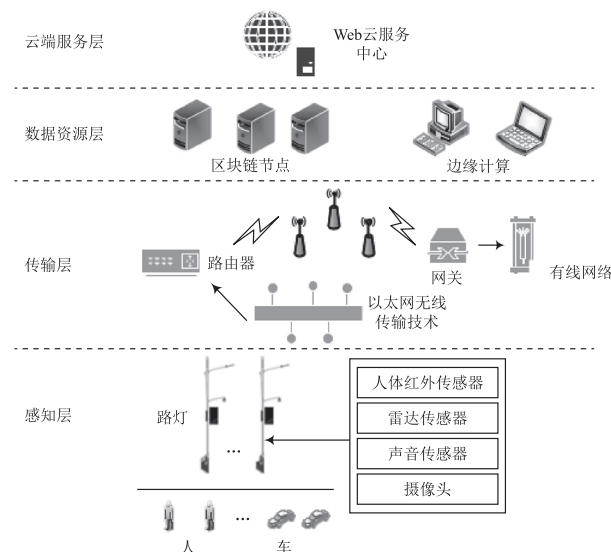


图 1 总体架构

收稿日期: 2020-05-30

修回日期: 2020-06-29

1.1 场景感知层

感知层用于采集路灯周围的路况信息,并将这些现实物理信息自动转换为虚拟数字信息,作为边缘计算与分布式存储的信息来源。

1.2 网络传输层

传输层主要负责将感知层搜集的信息进行整合,通过网络技术上传给边缘计算节点以及服务器端,并将计算决策信息传入决策层。

1.3 数据资源处理层

数据资源层提供必要的硬件资源,将数据资源进行调度、计算、存储等。该层包含大量区块链节点设备,具有高效的计算能力,提供及时、准确的决策信息。

1.4 云端服务层

云服务层是一个综合性管理平台,具有智能化处理、存储大量信息、提供用户友好的 Web 浏览页面功能,为系统管理提供更全面、更高效、更可靠的人机交互服务。

2 关键技术

2.1 直方图均衡化算法

直方图均衡化算法是一种常用的灰度变换类型方法。对于夜间路况抓拍图像偏暗,通过直方图均衡化算法可使图片中每个灰度级代表的灰度值分布均匀,从而达到图片明暗均匀、细节特征清晰的目的。

计算步骤如下:

(1) 设定直方图离散函数,二维图像上的灰度级范围为 $[0, L-1]$,可将直方图表示为:

$$h(\gamma_k) = n_k, k \in [0, L-1] \quad (1)$$

式中: γ_k 为图像第 k 级的灰度值; n_k 为对应灰度级的灰度值。

(2) 设置像素密度函数,使原灰度级统一规划到 $[0, 1]$ 区间,表达式为:

$$p(\gamma_k) = \frac{n_k}{n}, k \in [0, L-1] \quad (2)$$

式中: n 为图像中像素点总数; $p(\gamma_k)$ 为对应灰度级。

(3) 将 $p(\gamma_k)$ 进行累加计算,从而获得一个单调递增函数,使处理后的图像依旧保持原图像顺序,以防图像灰度值混乱。所得函数为:

$$s_k = \sum_{i=0}^k p(\gamma_i) \quad (3)$$

式中, S_k 为概率和。

(4) 最后进行灰度变换,函数计算公式为:

$$f_k = (L-1) \cdot s_k + 0.5 \quad (4)$$

式中, f_k 为变换后对应的灰度级,结果进行四舍五入,之后遍历变换结果,更新每个像素点后原图灰度值得到有效均衡。

2.2 卷积神经网络

卷积神经在智能分类识别中性能优异,对于特征提取挖掘性强。卷积神经网络一般框架结构为卷积层、池化层、全连接层、输出层。

图像特征提取需要在卷积层进行图像卷积运算。卷积层计算表达式为:

$$z = g(wa + b) \quad (5)$$

式中: w 为过滤器所使用的权重; a 为二维图矩阵数据; b 为偏差值; g 为激活函数; z 表示运算结果。

池化层将上述 z 进行最大池化操作,以获得最大特征值。运算表达式为:

$$f = \max(z, 0) \quad (6)$$

将上式结果记为 T ,重复上述操作,进行多层卷积和池化操作,获得全连接层。其中 T 为:

$$T = \begin{bmatrix} t_{1,1} & \cdots & t_{1,i} \\ \vdots & & \vdots \\ t_{i,1} & \cdots & t_{i,i} \end{bmatrix} \quad (7)$$

输出层使用具有多分类性质的 Softmax 回归算法,将全连接层的结果传送给输出层,识别目标物。

3 基于多感融合的人车检测系统模型

多感融合人车检测模型如图 2 所示。由于路灯边缘检测节点铺设量需求大,为降低成本,采用雷达、人体红外、声音传感器采集外界环境信息。雷达传感器检测目标物距离,人体红外传感器检测人群,声音传感器检测环境音量,使用多源传感信息便于信息源互补,降低不确定性。不同传感器对外界环境物体进行一致性判断,辨别道路人车有无出没情况。当监测到人车时,对路灯控制终端系统发送路灯需求信息,并积极调节路灯亮度控制开关。

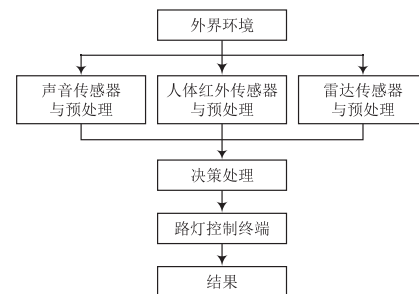


图2 多感融合人车检测模型

4 基于直方图均衡化与卷积神经网络的人车流量统计算法策略

智能边缘视觉统计算法流程如图 3 所示。整体算法流程分为两层,第一层是基于直方图均衡化图像增强算法模型,第二层为基于卷积神经网络多分类算法模型。

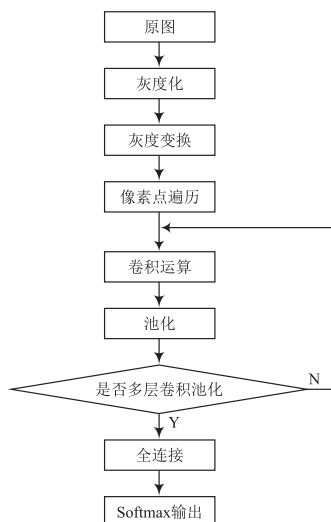


图3 视觉统计模型流程

在第一层中, 首先将原彩色 48×48 像素图像进行灰度化处理, 对图像像素点中 R , G , B 使用加权平均法, 选取权值为 0.30 , 0.61 , 0.09 , 分别对应 R , G , B 三色并进行统一计算得出合理的灰度图像。其次进行灰度转换, 将灰度图像在对应灰度级为 $(0, 255)$ 范围作为 x 坐标, 灰度级对应的像素数作为 y 坐标, 作直方图。由图4可发现数据峰值居左, 灰度级偏低, 表明图像整体偏暗, 物体特征不明显。运用直方图均衡化算法可有效提高暗图灰度级, 通过原图像素灰度级作密度函数, 并累加得到单调递增函数, 在作灰度转换时,

相邻灰度级相近的像素点灰度值可有效分开, 灰度直方图灰度级增高且均匀。最后遍历图像像素矩阵上转换后的灰度值, 相对原图而言, 图像对比度提高, 图像细节以及边缘特征得到明显挖掘。

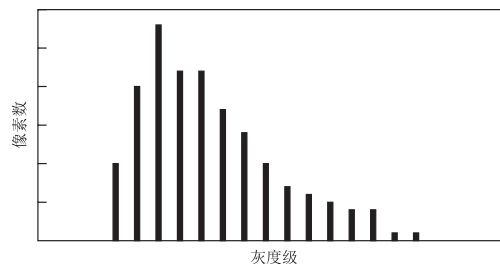


图4 偏心型直方图

基于 CNN 的图像识别模型结构如图5所示。在 CNN 设计框架中, f 对应 $(f \times f)$ 大小的过滤器, s 对应运算步长, 卷积运算后为 C 层, 池化后为 P 层, 全连接为 F 层。从输入层开始, 使用 6 个 $f=7$ 的过滤器, 将输入层的 48×48 像素图像以步长 $s=1$ 进行卷积运算, 得到 C_1 层中 6 个 42×42 特征图。将 C_1 层以 $f=4$, $s=2$ 进行 Max Pooling 运算实现降维, 得出结果保存在 P_1 层。然后进行包含 C_2 与 P_2 层二次卷积池化运算, 将 P_2 层中的数据平整化为一个一维向量作为神经元集合, 进行全连接运算后得 F_3 层, 再次进行全连接运算得到 F_4 层, 最后由训练好的 Softmax 回归算法针对人车特征进行识别, 统计人车流量。

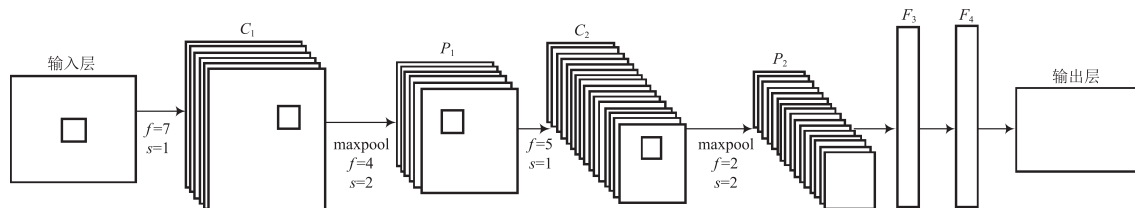


图5 基于 CNN 的图像识别模型结构

5 结 语

本文利用多传感器信息融合构建出具有高精确、高效率的人车检测系统。不同传感信号融合判断人车出没状况, 扩大检测工作范围。通过视觉统计系统对路灯控制提供有效辅助控制, 保证路灯亮度周期灵活调控, 使路灯控制更具特色, 更可靠。同时利用边缘计算处理大量数据, 生成精简决策信息并快速传输。路灯亮度根据智能场景分析进行实时调控, 使得路灯更加高效节能。

参 考 文 献

- [1] Mila Gascó-Hernandez. Building a smart city: lessons from barcelona [J]. Communications of the acm, 2018, 61 (4): 50-57.
- [2] Yuzhe W, Weiwen Z, Jiahui S, et al. Smart city with Chinese

characteristics against the background of big data: Idea, action and risk [J]. Journal of cleaner production, 2018, 173 (1): 60-66.

- [3] 储珂珂. 智慧城市信息系统关键技术研究 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2018, 25 (1): 18-19.
- [4] ABINAYA R, VARSHA V, HARIHARAN K. An intelligent street light system based on piezoelectric sensor networks [J]. Indian journal of science & technology, 2016, 9 (43).
- [5] AHMED S, ZENAN A H, TASNEEM N, et al. Design of a solar powered LED street light: Effect of panel's mounting angle and traffic sensing [C]// Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology. IEEE, 2013: 74-79.
- [6] 文俊浩, 万园, 曾骏, 等. 光照度聚类和支持向量机在路灯节能控制策略中的应用 [J]. 计算机科学, 2019, 46 (7): 328-332.
- [7] 陈善亮. 智慧路灯节能控制关键技术研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2018.

(下转第 49 页)

5 系统实测运行

将设备接通电源后,各机械臂复位到指定位置,打开在上位机中提前编辑好的动作组,点击运行,经多次测试,设备可以按照动作组的设置进行皮影戏表演,配合实录的正宗皮影戏唱腔和暖黄色灯光,高度还原了传统的皮影戏表演,实现了皮影戏记录和保护的目的。设备实物如图6所示。

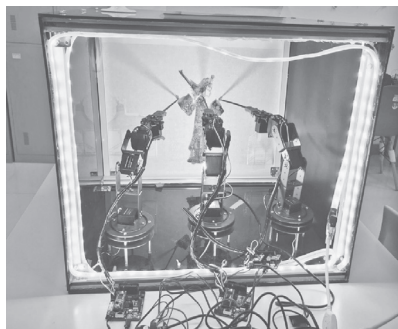


图6 设备实物

6 结 语

本系统设计并实现了一个基于STM32的智能皮影戏设备。该设备可以还原、记录、传承、保护非物质文化遗产——皮影戏。经实地调研及多方考察,该设备能够为传统的皮影戏艺人提供与时代背景相符的保护和记录方法,将非物质文化遗产的保护落在实处。通过借力大数据、云平台、人工智

能等技术,非物质文化遗产的保护形式将更加丰富。

注:本文通讯作者为杨斌。

参 考 文 献

- [1] 杨明晓.中国皮影戏的现状与发展途径[D].上海:上海师范大学,2017.
- [2] 崔笑.关中皮影戏的文化遗产研究[D].西安:西安文理学院,2013.
- [3] 施雨岑,吴晶,胡浩.文明之光照亮复兴之路:以习近平同志为核心的党中央关心文化和自然遗产保护工作纪实[EB/OL].[2019-06-09]. www.xinhuanet.com/politics/leaders/2019-06/09/c_1124599401.htm.
- [4] 隋笑飞,吴晶晶,周玮.留住历史根脉传承中华文明:习近平总书记关心历史文物保护工作纪实[EB/OL].[2015-01-09]. www.xinhuanet.com/politics/2015-01/09/c_1113939176.htm.
- [5] 周江.STM32单片机原理及硬件电路设计研究[J].数字技术与应用,2015,33(11):1.
- [6] YANG L M. CHEN Reduced DOF modular robot configurations [C]// IEEE International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision. Singapore: IEEE, 1998.
- [7] 崔小玲,侯思祖,张璇,等.基于STM32的智能终端的设计与实现[J].电力系统通信,2012,36(5):76-79.
- [8] 黄晓运,田学友,杨涛,等.基于STM32的智能服务型多功能多足机器人[J].中小企业管理与科技,2018,27(7):143-144.
- [9] 程欣宇.基于STM32单片机皮影戏机器人的设计与实现[J].数码世界,2016,27(1):32.
- [10] 李颖卓,梅志辉.基于STM32单片机皮影戏机器人的设计与实现[J].信息技术与信息化,2015,40(9):179-180.
- [8] HAO G F, LI W C, LIU C L, et al. Research and design of intelligent energy-saving control device for streetlamp [J]. Applied mechanics and materials, 2015, 3682: 816-819.
- [9] 孙文荣,周先春,嵇亚婷.基于直方图均衡化、PCA和SVM算法的人脸识别[J].软件,2014,35(8):11-15.
- [10] 陈春谋.基于直方图均衡化与拉普拉斯的铅条图像增强算法[J].国外电子测量技术,2019,38(7):131-135.
- [11] WU C M. Studies on mathematical model of histogram equalization [J]. Tien tzu hsueh pao/acta electronica sinica, 2013, 41(3): 598-602.
- [12] 李琳辉,伦智梅,连静,等.基于卷积神经网络的道路车辆检测测方法[J].吉林大学学报(工学版),2017,19(2):384-391.
- [13] ZHONG J, YANG B, LI Y, et al. Image Fusion and Super-Resolution with Convolutional Neural Network [C]// Chinese Conference on Pattern Recognition. Springer Singapore, 2016.
- [14] KRIZHEVSKY A, SUTSKEVER I, HINTON G. ImageNet classification with deep convolutional neural networks [J]. Advances in neural information processing systems, 2017, 60(6): 84-90.

作者简介:王懿品,女,南开大学滨海学院本科在读,研究方向为物联网工程。

耿 赟,男,南开大学滨海学院本科在读,研究方向为通信工程。

方建华,男,南开大学滨海学院本科在读,研究方向为电子信息工程。

任 宇,南开大学滨海学院本科在读,研究方向为数字仿真与游戏设计。

杨 斌,南开大学滨海学院电子科学系教师,南开大学在读硕士,研究方向为智能感知与人机交互。

戚本正,南开大学滨海学院电子科学系教师,南开大学硕士,研究方向为管理经济学。

(上接第45页)

作者简介:韩 强(1995—),男,安徽滁州人,硕士研究生,研究方向为物联网。