

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.23.007

水表数字区域实现手机APP程序抄录

李明明¹, 余自安²

(1. 重庆市合川区自来水有限责任公司, 重庆 401520; 2. 昆明云内动力股份有限公司, 云南 昆明 650200)

摘要: 城镇居民用水计量是一项庞大的工作,因为用户数量多,且计费的准确性要高,还要满足工作效率上的要求,因此在目前还未完全实现智能水表的条件下,利用手机APP程序抄录达到了水表抄录工作高效率、高质量的目标。以某水厂的数据与图片进行分析,与原抄表工作流程相比,通过手机移动端APP程序进行实地抄录的工作效率提高了50%。原本需要抄录和稽核两人协同抄表的工作,使用APP程序抄录后仅需一个人即可完成,既节省人力成本又提高工作效率。预计在原有基础上,每年节省经济成本约30%。

关键词: 水表; 居民用水; 手机抄表; 工作效率

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2023)23-0046-07

Mobile APP Program for Transcription of Water Consumption Data in a Water Meter Digital Area

LI Ming-ming¹, YU Zi-an²

(1. Chongqing Hechuan District Tap Water Co. Ltd., Chongqing 401520, China; 2. Kunming Yunnei Power Co. Ltd., Kunming 650200, China)

Abstract: The measurement of urban residential water consumption is a huge task, and the task is facing the challenges such as large number of users, high accuracy of billing and specific requirements of work efficiency. Under the condition that the smart water meter has not been fully realized at present, the high efficiency and high quality of water meter transcription is desired to be achieved by using mobile APP program. The data and pictures analyzed were all from a water treatment plant. Compared with the original meter transcription workflow, the work efficiency of on-the-spot transcription through mobile APP program was increased by 50%. The meter transcription that originally required two workers to copy and audit together could be completed by only one person after using the APP program, which not only saved the labor costs but also improved the work efficiency. The annual economic cost was estimated to be saved by approximately 30% on the original basis.

Key words: water meter; residential water consumption; mobile meter transcription; work efficiency

随着物联网、通信和电子技术的发展,智能水表远程抄表系统逐渐应用于抄表行业。尽管目前的智能水表正在取代一些传统机械水表,但是在许多地区,由于环境条件、经济成本等因素的局限,仍需要

人工作业手动进行抄录。随着信息技术的发展,远程抄表系统正得到越来越广泛的应用。以往绝大多数的水表识别技术常采用传统图像处理方法,如采用灰度化、二值化等操作对数据集进行预处理,之后

再通过数字库比对进行识别。采用模板匹配、特征匹配等方法进行字符识别,但是这些方法需要对图片进行复杂的预处理,并且对特殊的环境条件(如光照不均、字符显示不全)不具有鲁棒性。

近年来,深度学习发展迅猛,其中卷积神经网络在图像处理领域获得了重要进展,尤其在图像分类、目标检测等方面取得了较好的效果,保证了模型具有良好的泛化性能且能获得概率上的全局最优。但深层神经网络对数据集的需求量较大,若数据集数量不足,易出现过拟合或陷入局部最优解。

1 材料与方法

项目分样本测试和真实场景实验。样本测试利用部分水表照片、计算机编程、深度学习达到识别效果,并对程序运行可行性进行分析,确定程序可行性之后,实施场景实验^[1-2]。将程序做成APP安装到移动设备后接入居民楼,测试居民所使用水表的数字并识别效果,探讨实际运行的可行性。同时逐渐完善软件中的各项功能,例如读取用户数据、计算用水量、保存数据等。

2 结果与讨论

2.1 样本测试

二值化操作对数据集进行预处理的效果见图1,框选出的水表图片中的数字区域见图2。



图1 二值化效果

Fig.1 Binary rendering



图2 数字区域检测图片

Fig.2 Image of digital area detection

通过水表照片设计检测算法,主要运用深度学习从照片中寻找水表读数区域,再识别数字与以往图像处理中灰度化和二值化的不同。使用深度学习的方法识别能够在较大程度上学习图片中的特征信息,从而提升检测识别的准确率。然后对一定

数量的水表jpg图片(手机摄像头直接拍摄)进行标注和模型训练,以验证该方法的可行性,确定图片识别的算法和水表图片上的数字框选算法。

2.2 真实场景实验

在电脑端进行测试后制作手机APP程序,并且进行手机端数据采集,确定程序使用系统(建议安卓操作系统)。将抄表APP程序测试版安装到抄表员手机上,多次对实测过程中采集到的数据进行对比和模型调整。同时,在测试时期可根据操作习惯和其他要求完善APP程序的各项功能,以满足使用者的需求。APP程序测试图片如图3所示。可知,APP程序满足了检测识别数字的需求,并且可以进行读取用户数据、计费、导出数据等操作。



图3 APP程序测试图片

Fig.3 Image of APP program test

2.3 图片数据分析

对实测过程中采集到的6000条图片进行分析,其数据集大致呈正态分布,其中62%的图片较为正常,评定标准为肉眼清晰可见,且无明显遮挡、表盘无积灰;26%的图片极为清晰,即表盘没有明显磨损;7%的图片有一定干扰,即水表数字区域有些微干扰物,但依旧可分辨数字;5%的图片存在严重干扰,此时肉眼已无法分辨,难以处理。具体情

况如图4所示。后续研究与开发进程均针对于清晰、一般、干扰图片进行处理。

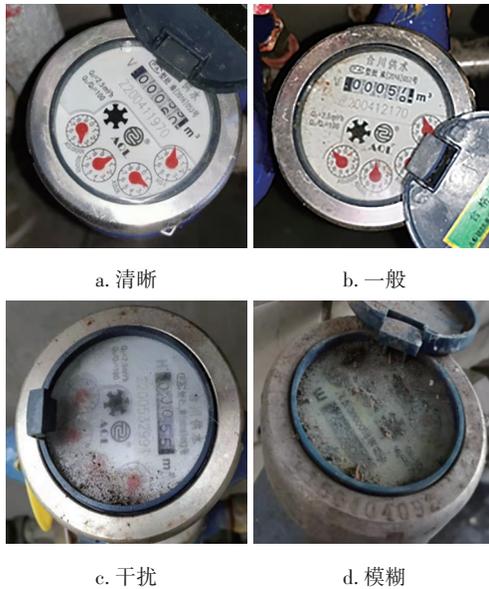


图4 不同清晰度图片样例

Fig.4 Sample images of different definition

2.4 数据集增强

考虑到图片数据集的多样性与复杂性,因此基于有限的数据生成了更多等价的数据,以丰富训练数据的分布,增强通过训练集得到的模型泛化能力^[3]。

2.4.1 数据增强的分类

离线增强:直接对数据集进行处理,数据的数目会变成增强因子乘以原数据集的数目,这种方法常用于数据集很小的情况。

在线增强:这种增强的方法用于获得批处理图像数据之后,然后对图像进行增强。如旋转、平移、翻折等变化,由于有些数据集不能接受线性级别的增长,这种方法常用于大的数据集,很多机器学习框架已经支持了这种数据增强方式,并且可以使用图形处理器(GPU)进行优化计算。

2.4.2 数据增强的作用

数据增强让有限的数据产生了更多的数据,增加了训练样本的数量,丰富了多样性(噪声数据),提升了模型的鲁棒性。神经网络需要大量的参数,许多神经网络的参数是数以百万计的^[4-6],而使这些参数可以正确工作则需要大量数据进行训练,但在很多实际的项目中,难以找到充足的数据来完成任任务。随机改变训练样本可以降低模型对某些属性的依赖,从而提高模型的泛化能力。

2.4.3 数据增强的方法

旋转/反射变换(rotation/reflection):随机旋转图像的角度;改变图像内容的朝向。

翻转变换(flip):沿着水平或者垂直方向翻转图像。

缩放变换(zoom):按照一定比例放大或缩小图像。

平移变换(shift):在图像平面上对其以一定方式进行平移;可以采用随机或人为定义的方式指定平移范围和步长,沿水平或竖直方向进行平移;改变图像内容的位置。

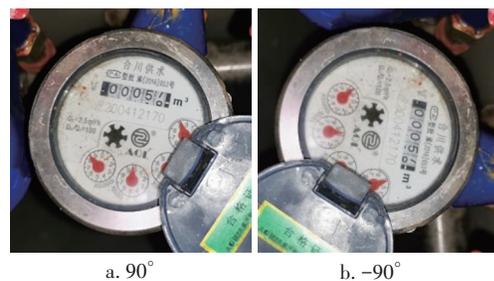
尺度变换(scale):对图像按照指定的尺度因子进行放大或缩小;或者参照SIFT特征提取思想,利用指定的尺度因子对图像滤波构造尺度空间;改变图像内容的大小或模糊程度。

对比度变换(contrast):在图像的HSV颜色空间改变饱和度(S)和亮度(V)的分量,保持色调(H)不变;对每个像素的S和V分量进行指数运算(指数因子为0.25~4),增加光照的变化。

噪声扰动(noise):对图像的每个像素RGB进行随机扰动,常用的噪声模式是脉冲噪声(椒盐噪声)和高斯噪声。

颜色变换(color):在训练集像素值RGB颜色空间进行主成分分析,得到RGB空间3个主方向向量和3个特征值,分别为 p_1, p_2, p_3 和 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ 。将图像的每个像素 $i_{xy} = [ir_{xy}, ig_{xy}, ib_{xy}]^T$ (i 为像素值, x, y 为坐标),变换为 $[p_1, p_2, p_3][\alpha_1\lambda_1, \alpha_2\lambda_2, \alpha_3\lambda_3]^T$,其中 α_i 是满足均值为0、方差为0.1的随机变量。

考虑到实用性与可靠性,本研究对于数字区域检测部分的训练采用旋转变换、对比度变换、噪声扰动、颜色变换来增强数据集^[7-8]。旋转变换时随机旋转 $90^\circ, -90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$,效果如图5所示;对比度变换效果如图6所示;噪声扰动主要是加入均值噪声,效果如图7所示;颜色变换主要为随机变换RGB像素点,效果如图8所示。



a. 90°

b. -90°



图5 图片旋转变换效果

Fig.5 Rotation transform effect of images



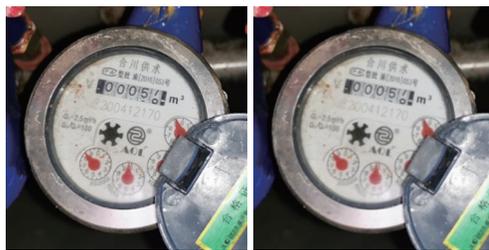
a. 指数因子=0.25 b. 指数因子=2.3



c. 指数因子=4

图6 图片对比度变换效果

Fig.6 Contrast transformation effect of images



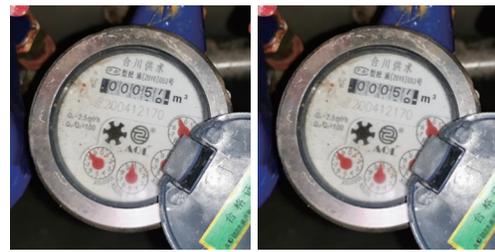
a. 原图 b. 高斯噪声



c. 椒盐噪声

图7 图片噪声扰动效果

Fig.7 Noise disturbance effect of images



a. RGB 像素点随机 1 b. RGB 像素点随机 2

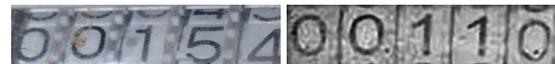


c. RGB 像素点随机 3

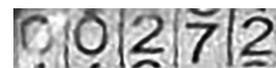
图8 图片颜色变换效果

Fig.8 Color conversion effect of images

对于数字识别模型训练,由于实际数值出现0~9共10个数字的概率并不平均^[9],6000张图片中“0”的个数甚至达到1/5以上,其数值如图9所示。为确保模型的泛化能力,对0~9均有较高的学习率,本研究将出现0~9的数字划分组合,以增加数据集,其效果如图10所示。



a. 原数值 1 b. 原数值 2



c. 原数值 3

图9 原始数值图片

Fig.9 Original value images



a. 组合值 1 b. 组合值 2



c. 组合值 3

图10 组合数值图片

Fig.10 Combined value images

2.5 模型训练

对于数字区域检测模型,在6000张原始图片的基础上经过数据增强处理,迭代训练60000次后模型已有较好的识别效果。图11为模型训练损失

曲线。可以看出,迭代训练 50 000 次以后模型已经趋于收敛,损失值不再下降;图 12 为模型测试损失曲线,迭代训练 60 000 次后模型已经基本可用。图 13 为模型识别效果。可以看出,模型对不同角度和方向的水表图片均能准确检测数字区域。

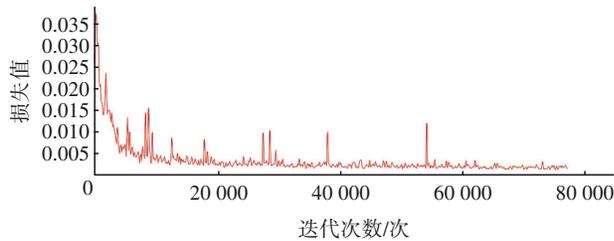


图 11 模型训练损失曲线

Fig.11 Model training loss curve

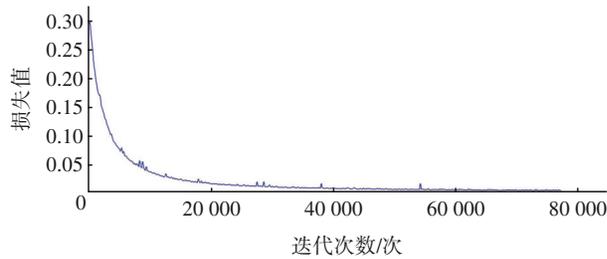
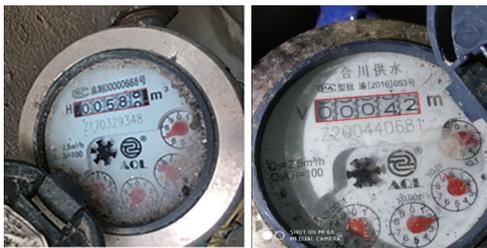


图 12 模型测试损失曲线

Fig.12 Model test loss curve



a. 斜角远距离

b. 正面近距离

c. 旋转后斜角

图 13 模型识别效果

Fig.13 Model recognition effect

对于数字识别模型,在 6 000 张原始图片的基础上,增加拆分组合的 5 000 张图片。迭代训练 20 000 次后模型已有较好的识别效果。图 14 为模型训练损失曲线。可以看出,迭代训练 18 000 次以后模型

已经趋于收敛,损失值不再下降,模型已经基本可用。图 15 为模型识别效果。可以看出,模型对不同数字的识别准确率达到 95% 以上。

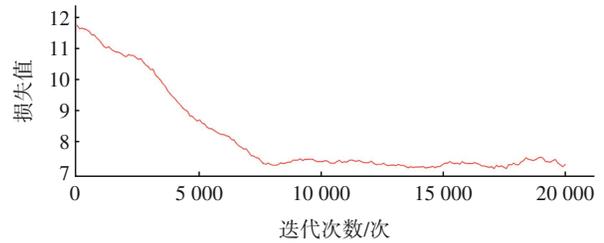


图 14 模型训练损失曲线

Fig.14 Model training loss curve



a. 00032

b. 00205

c. 00417

图 15 模型识别效果

Fig.15 Model recognition effect

2.6 软件架构设计

2.6.1 登录界面

为了保证软件使用的安全性与可靠性,登录界面需输入相应用户编号和密码才可进行下一步操作(见图 16),其可供 100 个账号同时使用。



图 16 软件登录界面

Fig.16 Software login interface

2.6.2 主界面

软件主界面如图 17 所示。界面主要显示用户基本信息,即用户名、用户地址、用户 ID 号、水表 ID 号、用户手机、用户电话、用水性质、水表状态、欠费

信息、抄表本、水表口径、抄表序号、本月止度、上月止度、本月用水吨位、抄表时间。同时,可根据各地管理模式进行信息可视。在页面上方,无用户数据时默认显示软件名称,有用户数据时显示营业区域,抄表时默认显示抄表图片和结果。若软件采集回的新水表止数小于系统中的止数,提示无法保存,防止收费系统不能导入。界面绿色框,即手机、电话、水表状态、抄表序号、本月止度为可修改或选择项,用户可直接在此界面修改基本信息;灰色框为不可修改项。“未抄”按钮可筛选已抄和未抄用户信息;“扫描”按钮可进入识别界面;“上一个”“下一个”按钮可切换用户信息,抄表员亦可直接选择抄表序号进行直接跳转;“打印”按钮可打印基本用户信息。在软件识别错误时,用户可手动修改信息并按“修改”按钮保存。



图 17 软件主界面

Fig.17 Software main interface

2.6.3 识别界面

软件识别界面如图 18 所示。



图 18 软件识别界面

Fig.18 Software identification interface

软件识别界面用于采集图像,用户可根据需要

切换前后摄像头、关闭/打开闪光灯,以适应不同场景需求。同时,界面有识别区域辅助参考线,以使用户规范操作。

2.6.4 数据管理

数据管理界面与主界面类似,如图 19 所示,但功能更为丰富,用户可根据需要添加、查找、修改、删除数据。同时,“导入数据”按钮可打开文件管理器,然后选择相应文件来批量导入用户数据。为规范数据格式,导入格式不宜随意变化,本软件支持 .xlsx、.xls 文件导入。



图 19 数据管理界面

Fig.19 Data management interface

2.6.5 数据导出

数据导出界面如图 20 所示。



图 20 数据导出界面

Fig.20 Data export interface

用户可选择相应抄表本(划分区域)导出数据,亦可全选导出所有用户数据。导出数据均为 .xls 固

定格式文件,数据可包含抄表本、抄表序号、用户编号、用户名、止度、吨位数、水表状态、抄表时间、修改标志等。

3 结论

① 通过手机移动端APP程序抄录可以在抄表效率上提高50%,抄表的同时还能将新的度数和计费录入保存,避免了二次人为统计度数及计算水费的人力成本。其次原本需要两人协同抄表的工作,使用软件抄录后仅需一个人即可完成,在节省了人力成本外效率也比过去提高。预估在原有基础上每年节省经济成本约30%。

② 针对人工抄表方式耗时耗力等问题,制作了专用数据集,并实现了利用安卓智能手机拍摄水表图像,再利用east网络对水表字符区域进行精确定位,然后利用图像处理方法进行识别,得到读数结果并返回。该方法对自然环境下的水表图片具有普适性和实时性,因此实用价值较大。

参考文献:

- [1] 蒋亨耀,毛谦敏.一种基于表端识别算法的智能摄像头研究[J].中国标准化,2021(21):154-160.
JIANG Hengyao, MAO Qianmin. Research on smart camera water meter based on meter recognition algorithm [J]. China Standardization, 2021 (21): 154-160 (in Chinese).
- [2] 李玥,束鑫,常锋.基于改进EAST的场景文本检测算法[J].计算机与数字工程,2021,49(9):1753-1757.
LI Yue, SHU Xin, CHANG Feng. Scene text detection algorithm based on improved EAST [J]. Computer & Digital Engineering, 2021, 49 (9): 1753-1757 (in Chinese).
- [3] 杨帆.基于深度学习的水表读数识别及其应用[D].广州:华南理工大学,2019.
YANG Fan. Water Meter Reading Based on Deep Learning and Its Application [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019(in Chinese).
- [4] 韦文斐,卓豫鑫,建晓鹏.基于卷积神经网络的水表读数识别[J].长江信息通信,2021,34(4):26-28,34.
WEI Wenfei, ZHUO Yuxin, JIAN Xiaopeng. Water meter reading recognition based on convolutional neural network [J]. Changjiang Information & Communications, 2021, 34(4): 26-28, 34 (in Chinese).
- [5] 吉训生,谭凯凯.基于卷积神经网络的水表读数识别方法[J].传感器与微系统,2020,39(12):130-133.
JI Xunsheng, TAN Kaikai. Water meter character recognition method based on CNN [J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2020, 39(12): 130-133 (in Chinese).
- [6] 潘帅成,韩磊,陶毅,等.基于卷积神经网络的水表字符识别方法研究[J].计算机时代,2020(2):25-28.
PAN Shuaicheng, HAN Lei, TAO Yi, et al. Research on character recognition technology for watermeter based on deep convolution neural network [J]. Computer Era, 2020(2): 25-28 (in Chinese).
- [7] 邸亮,涂俊翔,禹杰.基于Lenet-5网络组合特征融合的水表数字识别[J].机械制造与自动化,2020,49(6):189-192.
DI Liang, TU Junxiang, YU Jie. Digital recognition of water meter based on combined features fusion of Lenet-5 network [J]. Machine Building & Automation, 2020, 49 (6): 189-192 (in Chinese).
- [8] 康鑫,孙晓刚,万磊.复杂场景下的水表示数检测与识别[J].计算机应用,2019,39(S2):62-67.
KANG Xin, SUN Xiaogang, WAN Lei. Watermeter representation number detection and recognition in complex scenes [J]. Journal of Computer Applications, 2019, 39(S2): 62-67 (in Chinese).
- [9] 林阳,郭丙轩,肖雄武,等.利用多种投票策略的水表读数字符分割与识别[J].科学技术与工程,2017,17(10):50-57.
LIN Yang, GUO Bingxuan, XIAO Xiongwu, et al. Water-meter character segmentation and recognition method by using several voting strategies [J]. Science Technology and Engineering, 2017, 17 (10): 50-57 (in Chinese).

作者简介:李明明(1982-),男,重庆人,本科,工程师,主要从事自来水管网建设及给水设计工作,获国家计算机软件著作权1项。

E-mail:6319811@qq.com

收稿日期:2022-04-27

修回日期:2022-09-14

(编辑:任莹莹)