

基于核空间与稠密水平条带特征的行人再识别

王 强, 包晓安, 张福星, 高春波, 桂江生

(浙江理工大学 信息学院, 杭州 310018)

摘要: 针对不同摄像机场景中的行人图像受到光照、视角和行人姿态等变化的影响, 在监控画面中容易造成较大的外观差异的问题, 提出了一种基于核空间与稠密水平条带特征的行人再识别算法; 该算法在 XQDA (Cross-view Quadratic Discriminant Analysis) 度量学习算法的基础上提出了核空间映射与稠密水平条带提取行人图像特征的思想, 首先通过自顶向下的滑动水平条带提取每个水平条带的颜色特征和纹理特征, 然后融合行人图像的多种特征, 把获得的特征映射到核空间中, 最后在核空间里学习得到一个对背景、视角、姿势的变化具有鲁棒性的相似度函数, 通过比较相似度的排名来对行人进行再识别; 在 VIPeR 和 iLIDS 两个行人再识别数据集上的实验结果表明, 该算法具有较高的识别率, 其中 Rank1 (排名第 1 的搜索结果即为待查询行人的比率) 分别达到 48.2% 和 60.8%。

关键词: 行人再识别; 距离度量学习; 核空间; 滑动水平条带

Dense Horizontal Stripes and Kernel Space Mapping for Person Re-Identification

Wang Qiang, Bao Xiaohan, Zhang Fuxing, Gao Chunbo, Gui Jiangsheng

(School of Information, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: A new person re-identification algorithm based on dense horizontal stripes and kernel space mapping for several problems occurred in person images of different camera views, such as illumination changes, different viewpoints and varying poses, it is likely to form a lot of differences in appearance. The proposed method propose the idea of kernel space mapping and dense horizontal stripes extraction of person images based on the Cross-view Quadratic Discriminant Analysis (XQDA) metric learning algorithm. First, the each horizontal stripe of person images is extracted from color features and a texture feature by using the top-down sliding horizontal stripe. Then, fusing multi-features of person images and mapping the obtained features to kernel space. Finally, the proposed algorithm gets a similarity function which is robust to the change of background, viewpoint and posture by learning in kernel space. Pedestrians are re-identified by comparing rankings of similarities. The proposed method is demonstrated on two public benchmark datasets including VIPeR and iLIDS, and experimental results show that the proposed method achieves excellent re-identification rates compared with other similar algorithms. Moreover, the proposed method achieves a 48.2% at rank1 (represents the correct matched pair) on VIPeR benchmark and a 60.8% at rank1 on iLIDS benchmark respectively.

Keywords: person re-identification; metric learning; kernel space; slide horizontal stripe

0 引言

行人再识别指的是在非重叠视域多摄像机监控系统中, 匹配不同监控画面中的目标行人。行人再识别在目前的视

频监控中有着许多重要的应用, 比如行人检索^[1]、多摄像机行人跟踪^[2]和行为分析。行人再识别技术节省了从海量的图片和视频中搜索目标行人所带来的人力开销。但由于在不同的摄像机场景中, 行人图像受到光照、视角和行人姿态等变化的影响, 在监控画面中容易形成较大的外观差异, 使得行人再识别问题遇到了很大的挑战。为了应对这些挑战, 研究人员主要从两个方面开展研究。一方面是寻找鲁棒的行人特征描述, 另一方面是学习有效的度量学习方法。

鲁棒的行人特征描述其最主要的是设计对不同行人图像具有区分性和对视角、光照、背景的变化具有鲁棒性的描述特征。许多已经存在的行人再识别算法试图通过建立一个特有的, 健壮的代表特征来描述在各种变化环境下的行人外观。文献 [3] 利用人体的结构信息, 在人体不同区域提取空间直方图和区域协方差特征。文献 [4] 也提出了

收稿日期: 2017-11-14; 修回日期: 2017-12-20。

基金项目: 国家自然科学基金(61379036, 61502430); 国家自然科学基金委中丹合作项目(61361136002); 浙江省重大科技专项重点工业项目(2014C01047); 浙江理工大学 521 人才培养计划(20150428)

作者简介: 王 强(1994-), 男, 浙江省玉环县人, 硕士研究生, 主要从事模式识别方向的研究。

包晓安(1973-), 男, 浙江省东阳县人, 硕士, 教授, 主要从事计算机视觉、智能信息处理方向的研究。

桂江生(1978-), 男, 安徽省安庆市人, 博士, 副教授, 主要从事视频图片处理, 模式识别方向的研究。

类似的方法,对人体部件区分对待,将行人图像分割为头、躯干和腿,再分别提取各部分的颜色直方图、最大稳定颜色和重复纹理特征。最近,显著性信息也出现在行人再识别上的应用研究,文献 [5] 采用 4 种方向显著性加权融合学习的方法来度量一对行人图像的相似度。

除了有代表性的特征外,距离度量学习也是行人再识别的另一个研究方面。文献 [6] 提出了一种叫 KISSME (Keep It Simple And Straightforward Metric) 的度量学习算法,该算法将样本特征之间的差向量看作是 高斯分布中的一个点,同类样本特征的差向量分布在同一个高斯分布中,而不同样本特征之间的差向量分布在另一个高斯分布中,然后用概率的比值来度量样本之间的距离。文献 [7] 提出了一种名为 PCCA (Pairwise Constrained Component Analysis) 的新方法,用于在高维输入空间中从稀疏成对相似/不相似约束学习距离度量,并学习投影到低维空间。然而,这种方法容易过度拟合。在文献 [8] 中,提出了正则化的 PCCA (rPCCA) 方法来改进 PCCA,通过引入一个正则项来解决这个问题,该正则项使用可得到的附加自由度来最大化类间的边界。文献 [9] 提出一种名为 XQDA (Cross-view Quadratic Discriminant Analysis) 的度量算法,该算法在跨视角的训练样本的子空间中用二次线性判别分析方法得到一个度量函数用于跨视角样本的相似度计算。但是文献 [9] 中直接在原始线性特征子空间中训练得到的相似度度量矩阵,进而得到表示样本之间相似度函数。考虑到原始特征子空间线性不可分的性质,因此通过原始特征子空间直接训练得到的相似度度量矩阵不能准确的描述样本之间的相似性和差异性。

本文提出了一种在核空间学习稠密水平条带特征的度量学习算法。首先,在稠密的水平条带上提取特征,将所有水平条带上的特征串联得到行人特征;然后,通过相应的核函数将原始线性特征映射到非线性核空间中;最后,在核空间中学习得到一个对背景、视角、姿势变化具有鲁棒性的相似度函数。

1 相似度度量函数的学习

1.1 XQDA 度量学习算法

文献 [9] 中提出了一种 XQDA 的算法,该算法是在 Bayesian Face^[10] 算法和 KISSME 算法的基础上延伸得到的一种跨视角度量学习方法。度量一对行人的相似度可以表示为式 (1)。

$$d(x_i, x_j) = (x_i - x_j)^T \left(\sum_I^{-1} - \sum_E^{-1} \right) (x_i - x_j) \quad (1)$$

其中, x_i, x_j 分别表示第 i 个样本和第 j 个样本的特征向量。同类样本之间的特征向量之差可以表示为 Ω_I , 不同类样本之间的特征向量之差可以表示为 Ω_E 。 \sum_I 和 \sum_E 分别是 Ω_I 和 Ω_E 的协方差矩阵。

文中利用线性判别分析的方法学习样本数据的子空间 $W = (w_1, w_2, \dots, w_r) \in \mathbf{R}^{d \times r}$, 并且同时在 r 维子空间中学习相似性度量的距离函数。那么距离函数式 (1) 在 r 维

子空间中可以表示为式 (2)。

$$d_w(x_i, x_j) = (x_i - x_j)^T W \left(\sum_I'^{-1} - \sum_E'^{-1} \right) W^T (x_i - x_j) \quad (2)$$

其中, $\sum_I' = W^T \sum_I W$, $\sum_E' = W^T \sum_E W$, 因此,只需要去学习度量矩阵 $M(W) = W \left(\sum_I'^{-1} - \sum_E'^{-1} \right) W^T$ 。然而,直接优化学习 d_w 是非常困难的,因为 W 包含了两个逆矩阵。

根据前面提到的 Ω_I 和 Ω_E 分别服从均值为 0, 协方差矩阵为 \sum_I 和 \sum_E 的正太分布,在子空间 W 中的映射 σ_I 和 σ_E 也有着均值为 0, 并且它们的值可以区别代表不同的两个类。因此我们可以在子空间 W 中用二次线性判别分析方法来优化学习下面的公式 (3) 来计算相似度。

$$J(W) = \frac{\sigma_E(W)}{\sigma_I(W)} \quad (3)$$

其中, $\sigma_E(W) = W^T \sum_E W$, $\sigma_I(W) = W^T \sum_I W$, 则式 (3) 可以表示为式 (4)。

$$J(W) = \frac{W^T \sum_E W}{W^T \sum_I W} \quad (4)$$

J 的值越大,表示样本对 (i, j) 属于同一个行人的概率越大。

1.2 基于核空间的 XQDA 学习度量算法

文献 [9] 中提出的算法是直接原始线性特征子空间 W 中训练得到的度量矩阵,进而得到表示样本之间相似度函数。考虑到原始特征子空间线性不可分的性质,因此通过原始特征子空间直接训练得到的相似度度量矩阵不能准确的描述样本之间的相似性和差异性。本文提出了基于核空间的度量学习算法,首先用相应的核函数将原始特征线性空间映射到更易区分的非线性核空间,然后在核空间中训练样本子空间 \dot{W} 中的相似度度量矩阵 M 。这样得到的相似度度量矩阵 M 具有很好的区分性,能使同类样本之间的距离度量尽可能的小,异类样本之间的距离度量尽可能的大。同时文献 [9] 在子空间 W 中学习相似度度量矩阵时,刚好解决了核空间中特征维数较高并且大部分信息也是冗余的问题,很好的实现了降维的作用。

原始特征空间中的特征向量 x_n 通过核函数 Φ 映射到非线性核空间,则核空间中的特征向量表示为 $\Phi(x_n)$ 。核函数映射的过程是求解原始特征空间中的特性向量的内积,如式 (5) 所示。

$$k(x, y) = \langle \Phi(x), \Phi(y) \rangle \quad (5)$$

其中, $x, y \in \mathbf{R}^d$ (d 表示原始特征空间特征的维度)。把原始特征空间中任一特征向量 x_p 映射到易区分的非线性核空间中得到非线性特征向量 k_p , 如式 (6) 所示。

$$k_p = [k(x_1, x_p), k(x_2, x_p), \dots, k(x_n, x_p)] \quad (6)$$

其中, x_1, x_2, \dots, x_n 表示原始特征空间中的 n 个样本特征向量。则在核空间中,同类样本之间的特征向量之差可以表示为 $\Omega_I = k_i - k_j$, 异类样本之间的特征向量之差可以表示为 $\Omega_E = k_i - k_j$ 。则 Ω_I 和 Ω_E 的协方差矩阵分别是 \sum_I'

和 Σ_E^* 。则 Ω_i' 和 $\Omega_{E'}'$ 在子空间 \mathbf{W} 中映射变成了 $\sigma_i'(\mathbf{W}) = \mathbf{W}^T \Sigma_i^* \mathbf{W}$ 和 $\sigma_{E'}'(\mathbf{W}) = \mathbf{W}^T \Sigma_E^* \mathbf{W}$, 则式 (4) 在核空间里的表示为 (7)。

$$J_k(\mathbf{W}) = \frac{\mathbf{W}^T \sum_E^* \mathbf{W}}{\mathbf{W}^T \sum_i^* \mathbf{W}} \quad (7)$$

上述流程首先将原始线性特征空间中任一特征向量 x_n 通过核函数 k 映射到易区分的非线性核空间中得到非线性特征向量 k_p , 然后在非线性特征的子空间学习得到相似度度量矩阵。在这里常用的核函数有线性核函数、径向基核函数和二次有理核函数。经过后面的实验比较结果验证, 本文算法采用径向基核函数。

2 行人图像的特征表示

行人图像特征的描述是行人再识别算法中的一个重要环节, 本文采用 HSV、YCbCr 和 Lab 三种颜色空间的颜色直方图和 SILTP^[11] (scale invariant local ternary pattern) 纹理直方图来描述一张行人图像。每种颜色空间都有各自的颜色描述体系, 所以对同一张行人图像的颜色特征描述的侧重点也各不相同。SILTP 是著名的 LBP (local binary pattern) 纹理描述算子的改进算法, LBP 算法的缺点是对图像噪声比较敏感, 所以 SILTP 算法还结合了 LTP (local ternary patterns) 算法取得了图像噪声和光照变化具有更强的鲁棒性。

我们把一张行人图像归一化为 128×48 像素, 相同行人的目标图像, 对应的局部区域在图像的垂直方向上不会发生较大的变化, 不过在现实中行人目标由于姿态和视角的变化可能存在轻微的高度变化。因此, 用一个大小为 10×48 像素大小的矩形作为滑动的水平条带去描述行人图像水平方向的局部细节, 水平条带的滑动方向自顶向下, 每次滑动的步长为 5 个像素。在每个水平条带中, 分别提取 HSV、YCbCr 和 Lab 三种颜色空间中每个通道的颜色直方图和 SILTP 纹理直方图。这样得到的直方图特征不但对行人图像视角变化具有很好的鲁棒性, 而且可以捕捉到行人图像的局部细节特征。图 1 显示滑动水平条带提取特征的过程。

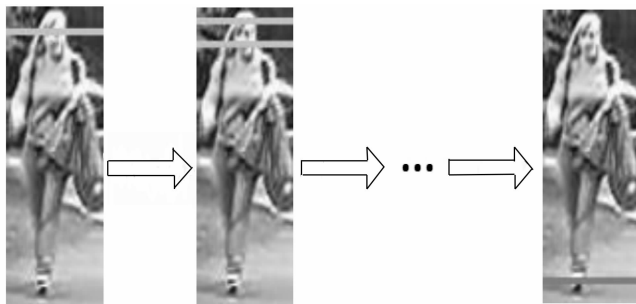


图 1 滑动水平条带提取特征示意图

在提取特征的过程, 我们考虑到了行人图像的多尺度信息。在不同的图像尺度上, 有着不同的图像信息。因此在原始图像 128×48 像素的基础上进行两次金字塔降采样

分别获得 64×24 像素的尺度图像和 32×12 像素的尺度图像。在每个尺度上的行人图像重复上述的特征提取过程。最后我们把所有特征级联形成行人图像的特性描述, 该特征的维数为 9 000 维 ($3 \times 3 \times 16$ 维颜色特征 + 3^4 维 SILTP 纹理特征) * ($24 + 11 + 5$ 水平组)。

不同摄像机中行人视角的变化主要集中在水平方向上, 而在垂直方向上并不很明显。因此, 该文提取的特征对于水平方向的移动具有一定的不变性。

3 实验结果及分析

本文算法分别在 VIPeR^[12] 数据集和 iLIDS^[13] 数据集上进行大量的实验测试。算法性能的评价准则采用累积匹配特征 (Cumulative match characteristic, CMC) 曲线来评价算法的性能。给定一个目标行人图像查询库和行人图像候选库, 累积匹配特征曲线描述的是在行人图像候选库中搜索待查询的目标行人, 前 r 个搜索结果中包含正确匹配结果的比率。其中, 第一匹配率 (Rank = 1) 为真正的识别能力, 所以比较重要。但是当 Rank 值较小时, 也是可以通过人眼进行辅助识别查找目标, 因此也具有现实意义。实验中, 随机选择 t 对行人图像对作为训练集, 余下的行人图像对作为测试集。相机 A 中的行人图像作为查询目标库, 相机 B 中的行人图像作为候选目标库。每对行人图像, 任意选择一张图像加入查询目标库, 另一张则加入候选目标库。每个查询目标库与候选目标库中的每张行人图像都要有匹配。为了得到稳定的实验结果, 以上过程重复 10 次, 并将 10 次实验的平均值作为最终的实验结果。

3.1 VIPeR 数据集的实验结果

VIPeR 数据集是行人再识别领域最常用的且最具有挑战性的数据集之一。它包含了 632 对行人图像, 每对行人图像都是由两个不重叠视角的摄像机在不同的室外环境下获取的。在 632 对行人图像中存在着许多视角, 亮度, 背景有着较大变化的图像对。

实验中测试样本集和训练样本集均为 316 对行人图像。VIPeR 数据集上的其他实验, 如果没有明确说明测试集和训练集的个数, 则都默认为 316 对行人图像。为了对比本文算法基于不同核函数的算法性能, 实验中其他条件都一样。表 1 给出了该算法基于不同核函数的实验对比结果。

表 1 本文算法基于不同核函数的实验结果

核函数	Rank1 (%)	Rank10 (%)	Rank20 (%)
线性核函数	30.50	72.36	85.72
二次有理核函数	42.40	81.56	91.62
径向基核函数	48.21	84.83	92.56

从表 1 可知, 本文算法基于径向基核函数的效果最优。为了充分体现本文算法的效果, 在后面的实验效果对比中都是基于径向基核函数。图 2 给出了本文算法与已有行人再识别算法的性能比较的 CMC 曲线, 表 2 是对应的实验结果的数据。

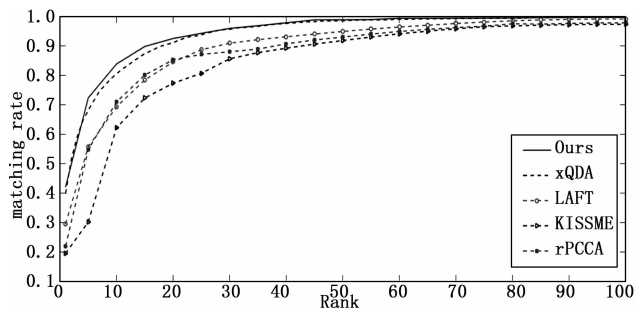


图 2 VIPeR 数据集上本文算法与已有算法性能对比实验结果

表 2 VIPeR 数据集上本文算法与已有算法性能对比实验结果 (训练集样本规模 $t=316$ 对图像)

Methods	Rank1 (%)	Rank10 (%)	Rank20 (%)
Ours	48.21	84.83	92.56
XQDA ^[9]	40.00	80.51	91.08
LAFT ^[14]	29.60	69.31	84.52
rPCCA ^[8]	22.03	71.08	85.30
KISSME ^[6]	19.60	62.20	77.00

从图 2 和表 2 可知, 本文算法性能有较大的提升, 尤其是 Rank1 比表中排第二的 XQDA 算法提升了约 8.2%, 并且在 Rank20 内都有着较高的识别率。在一定程度上, 本文算法的效果已经能够应用到工程实践中, 尤其是在刑事侦查等方面, 刑侦人员可以在行人再识别返回的前 r 个结果中快速搜索出目标行人, 大大提高侦查办案效率。

当训练集规模为 $t=200$ 时, 本文算法与已有算法的性能对比结果如表 3。

表 3 VIPeR 数据集上本文算法与已有算法性能对比实验结果 (训练集样本规模 $t=200$ 对图像)

Methods	Rank1 (%)	Rank10 (%)	Rank20 (%)
Ours	32.21	74.83	84.56
XQDA ^[9]	24.00	70.42	81.19
LAFT ^[14]	21.42	57.24	75.94
KISSME ^[6]	17.65	52.40	70.68
rPCCA ^[8]	12.66	41.73	63.12

从表 3 中可知, 在只有少量训练样本情况下, 本文算法同样优于已有算法。由此可见, 本文算法有效的解决了学习相似度量函数中出现过拟合的问题。

为了说明本文算法的优越性, 表 4 给出了本文算法仅用一种特征情况下与其他算法效果对比。由于表中对比的算法都有 HSV 颜色空间特征和 LBP 纹理特征, 因此实验中分别选用 HSV 和 LBP 作为本文算法提取的特征。

由表 4 可知, 该算法虽然只使用了一种特征, 但是效果比其他采用多特征的算法更好。其中, KISSME 算法融合了 HSV、Lab 和 LBP 等特征, Rank1 仅有 19.6%。而本文算法只用了 HSV 颜色特征, Rank1 就达到了 41.6%。当本文算法

表 4 仅用一种特征情况下的本文算法与已有算法性能比较实验结果

Method	Feature	Rank1 (%)	Rank10 (%)	Rank20 (%)
Ours	HSV	41.69	78.91	89.17
Ours	LBP	38.53	78.40	88.32
XQDA ^[9]	HSV, SILTP	40.00	80.51	91.08
LAFT ^[14]	HSV, LBP	29.60	69.31	84.52
KISSME ^[6]	HSV, Lab, LBP	19.60	62.20	77.00
rPCCA ^[8]	RGB, YUV, HSV, LBP	22.03	71.08	85.30

用到多特征时, 算法的识别率又提升了一些, 但是继续增加特征, 算法识别率提升的幅度会越来越小, 而算法的时间复杂度会越来越高。因此, 本文算法在最终的特征选择上只选用了三种颜色空间特征和一种纹理特征。

3.2 iLIDS 数据集的实验结果

iLIDS 数据集是在候机大厅中人群密集的场景下采集的。该数据集包含 476 张图像, 图像全部来源于 119 个行人, 其中每个行人的图像从两张到八张不等。该数据集里的行人图像有严重的遮挡和光照变化等问题。实验中对每个行人随机选择两幅图像, 这样得到一个具有 119 对行人图像库。由于 iLIDS 数据集中图像的尺寸大小不一, 所以我们统一把图片的尺寸设置为 128×48 像素。随机选择 59 对行人图像作为训练样本集, 剩下 60 对行人图像作为测试样本集。表 5 给出了本文算法与已有行人再识别算法的性能比较。

表 5 iLIDS 数据集上本文算法与已有算法性能对比实验结果

Methods	Rank1 (%)	Rank10 (%)	Rank20 (%)
Ours	60.80	90.21	97.40
XQDA ^[9]	46.50	84.32	93.38
LAFT ^[14]	39.33	80.92	89.13
rPCCA ^[8]	34.48	72.86	85.70
KISSME ^[14]	28.50	68.70	80.30

从表 5 中数据可知, 在 iLIDS 数据集里, 本文算法性能明显优于表中的其他算法。其中本文算法的 Rank1 达到了 60.8%, 比表中排第二的 XQDA 算法提升了约 14%, Rank10 至 Rank20 也有明显的提升, 证明了本文算法的优越性。

4 结论

近几年, 行人再识别技术的研究面临着许多问题。在不同摄像机视域下, 行人图像的光照、视角和姿态等情况会有所变化, 这是研究行人再识别过程中比较棘手的几个问题。目前, 基于度量学习的行人再识别算法一般是在原始特征空间学习得到相似度量矩阵, 考虑到原始特征子空间线性不可分的性质, 因此通过原始特征子空间直接训练得到的相似度量矩阵不能准确的描述样本之间的相似

基于图像噪点去除的微波设备火情预警系统

杨坤¹, 朱建柳^{1,2}, 黄立新¹, 金晓怡¹, 马盼³

(1. 上海工程技术大学 机械工程学院, 上海 201600; 2. 上海交通职业技术学院, 上海 200431;

3. 上海工程技术大学 材料工程学院, 上海 201600)

摘要: 物料在微波干燥过程中, 由于物质处于运动状态, 起火时, 色彩、颗粒大小、反光程度都有其特殊性, 容易造成火苗或闪光的光源变得模糊, 特征难以提取, 令传输的图像出现噪点, 导致感温探测器和红外探测器误报率高, 有时甚至出现设备停机的情况; 针对微波设备火情的这种特殊性和复杂性, 提出了采用基于图像处理技术搭建微波设备的火情预警模型, 通过采用带防护装置的 CCD 摄像头对火情的图像进行采集, 以解决复杂工作环境下传统探测仪器有时停机的问題; 该图像处理中采用火焰图像色彩识别与灰度图亮度识别方法相互结合, 以防止传感器误报, 针对性解决图像噪点去除问题, 补充采用条件语句循环结构算法和嵌入阈值过滤程序; 数据线上的 USB 接口连接到 NI myRIO 的硬件接口, 借助内嵌于硬件系统的 LabVIEW 软件编程, 对接收的图像进行处理。实验数据的分析和测试显示: 该系统能有效克服感温、感烟、感光, 气体, 复合型传感器所带来的误报问题。

关键词: 图像处理; 实验室虚拟仪器集成环境; 火情预警; 图形化编程; 噪点去除

Fire Alarm System of Microwave Equipment Based on Image Noise Removal

Yang Kun¹, Zhu Jianliu^{1,2}, Huang Lixin¹, Jin Xiaoyi¹, Ma Pan³

(1. College of Mechanical Engineering, Shanghai University of Engineering Science 201600, China;

2. Shanghai Communications Polytechnic, Shanghai 200431, China;

3. College of Materials Engineering, Shanghai University of Engineering Science 201600, China)

Abstract: During the drying process by microwave, the image of illuminant of fire and flashlight will become blur due to the motorial material and the differences of color, size and the degree of reflection when material gets fire, which make it difficult to extract features. This phenomenon makes the images of transmission have lots of noise which contributes to the high rate of wrong alert by temperature detector and infrared detector and even leads to the machines out of service. Aiming at the particularity and complexity of microwave equipment to detect fire, we build a fire warning model for microwave equipment based on the research that the image of fire is collected by CCD with protective device in order to solve the problem that traditional instruments sometimes are out of service in complex working environment. During the image processing, we combine the recognition of flame image color and the recognition of gray level brightness in case of wrong alert. We target to remove noise on images by adopting conditional statement cyclic structure algorithm and embedded threshold filter program as a complementary. The USB ports are connected to hardware interface of NI myRIO. With the help of LabVIEW software programming embedded in hardware system, we process the received image. The result of analyzing the datum shows that this system can overcome the problem of wrong alert by adopting temperature, smoke, photon, gas, composite detectors.

Keywords: image processing; LabVIEW; fire warning; graphic programming; noise removal

0 引言

火情的预警和报警已经从传统的采用感温探测器, 感烟探测器, 感光探测器, 气体探测器以及复合型探测器慢

慢的开始转向图像型探测技术, 此技术克服了传统的由于单纯的环境因素带来的弊端, 提高了火情预警的准确性而且实现了更加宽广的范围和更加复杂环境的监测, 由于配套的各项科学技术的发展而趋于稳定和成熟, 必将带来更好的发展前景^[1-5]。目前来说在火情的图像获取和监控方面主要是采用红外的处理技术, 由于图像长时间在不断地进行传输而且实际环境可能存在个人习惯或者习俗所带来的短时间存在的小火苗造成的误报情况而这样会慢慢地损耗监测人员的耐心, 长时间可能会造成实际发生火情的时候, 监测人员的认知惯性而造成不必要的财产损失^[6]。

对于上述问题, 采用 CCD 摄像头拍摄图像, 有线进行

收稿日期: 2017-10-27; 修回日期: 2017-12-04。

基金项目: 上海市教委产学研专项基金(12ZT14)。

作者简介: 杨坤(1992-), 男, 安徽马鞍山人, 硕士研究生, 主要从事图像处理、数据处理方向的研究。

黄立新(1963-), 女, 江苏, 教授, 工学博士, 主要从事机器人技术、先进制造技术方向的研究。

稳定传输图像到 NI myRIO 硬件借助于内嵌的 LabVIEW 软件编制的程序进行火焰图像灰度化处理, 颗粒过滤, 提取颜色区域, 区域选择, 面积计算^[7-8]。通过像素的多少得到火焰的大小与阈值比较, 以此形成预警和报警的二级处理机制, 方便监控人员了解和掌握火情的危急程度和采取相应的处理方式^[6,9]。

1 软件系统

1.1 系统总体设计

软件的设计主要是通过图像采集程序, 图像的灰度化处理程序, 图像的二值化处理程序, 火焰的提取程序, 颗粒的过滤程序, 火焰的面积计算程序, 图像处理得到是否有火情的一级警示作用和二级的火情报警并通过硬件 NI myRIO 上的 LED 指示灯进行结果的展现^[10-11]。

结合我们遇到的实际情况由于在大型微波设备加热中加热的物质多种多样, 其色彩、颗粒大小、反光程度都有很大的不同。其次, 由于微波设备的特殊性, 在工作期间由于被加热的物料一直处于运动状态, 起火时, 容易造成火苗或闪光的光源变得模糊, 使得观察火焰的形状变得困难。因此, 在对图像的处理中, 采用如图 1 所示方法。

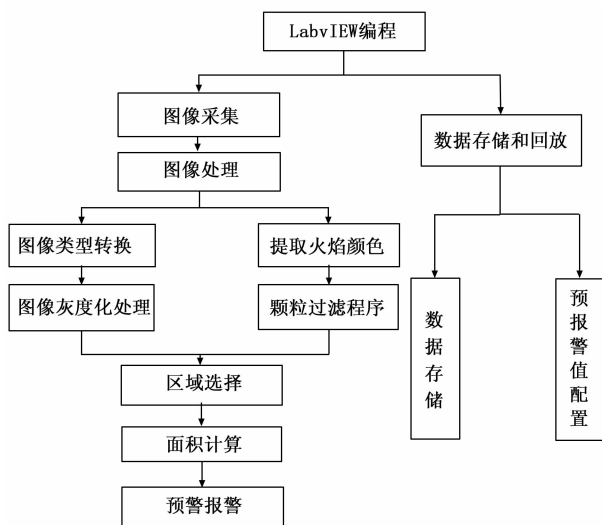


图 1 软件部分设计框图

采用 CCD 摄像头采集实时的环境图像以为了解决传统的探测器或者红外传感器采集信息受复杂环境影响的问题。彩色图像进行灰度化处理得到灰度图。然后将整个图像转换成对应的二维灰度值数组, 即将图片上的所有的点转化为一个一个的坐标, 我们在处理图像的时候会通过肉眼提前去除大部分的无关区域, 留下火焰区域。

为了去除得到的火焰的无关边缘区域, 我们可以通过调整相应色值参数来过滤掉上述数组中的某些行和列的灰度值, 这样就得到待处理的区域的二维灰度值数组, 对待处理二维灰度值数组中每一个灰度值与预设火焰的对应灰度值范围进行比较, 当处理中的灰度值处于预设火焰的对应灰度值范围时, 则可以将其记作一个有效的单位火焰面

积, 将所有单位火焰面积累加起来就得到实际火焰面积。

接下来需要解决的是在图像中产生的一些噪点的影响, 由于这些噪点会被作为像素点而当成火焰, 这里我们采用设置一个火焰面积阈值解决有限的噪点问题, 只有超过这一阈值才会被当成有火情的状况, 否则就被舍弃。通过设置不同的三原色值范围, 选出特定火焰的颜色范围, 以及对其背景进行处理。

为了解决由于不同的物质在微波设备中所具有的颜色可能是五颜六色的问题, 怎样智能识别和处理, 我们基于各种物质有所不同但是各种不同的物质在燃烧时可能的火焰颜色都常常接近于红色和黄色之间。因此采用通过三原色设置不同的范围值, 选出特定火焰的颜色范围, 对火焰以及背景进行二值化处理。

为了解决由于物料自身的颜色有时接近火焰颜色, 而可能造成处理中火焰面积的错误累加问题, 我们发现物料造成的接近火焰颜色的区域在图像中比较分散, 而且这些由于物料造成的影响的范围一般面积非常小, 因此编程上可以通过对每个接近火焰颜色的连通域进行颗粒大小的分析和校对, 对小于预设大小的颗粒进行过滤, 得到相对比较完整的火焰图像, 接下来对二值化图像中的火焰区域进行面积计算时为了便于计算和统计可以用一个像素点记为一个单位面积, 于是可以得到火焰的实际面积, 将这个面积与针对当前算法而预设的火焰面积报警阈值进行比较, 确定是否存在火情会不会造成火灾。

为了解决处理以后所得到的数据和资料, 方便以后进行查找和对比归档, 因此图像处理以后需要进行的是数据的存储与回放操作来解决这个问题, 其中包括处理后的图片显示, 参数设置, 还有预警和报警的阈值设置。

现如今要求报警系统更具人性化和智能化需求, 采用以上几种方式对图像进行处理, 得到相应的火焰的面积, 参考相关标准划定几个火险等级, 以及需要采取的相应的措施相互配合, 以达到进行预警和报警的目的。

鉴于人的长时间监控带来的身体健康问题或者是处理流程时间较长, 为了最大程度的减少财产损失, 采取直接将 NI myRIO 的接口和 PLC 相连将是否有火情或者火灾的信号输出到 PLC 控制微波设备进行实时控制。

1.2 主程序

为了解决后台程序对于着火图像的处理报警结果与消费者(火情监控人员)能够理解的用户界面之间能够更好的进行衔接, 采用生产者 and 消费者结构进行处理, 生产者即程序自身对于得到的火焰图像进行处理得到是否有火情的结果反应给作为消费者的用户进行查看和采取相应的措施。

1.3 图像的预处理程序

由于在复杂的环境中传统的探测器技术存在信息采集受环境影响停机问题, 这里采用加装过防护装置的 CCD 摄像头克服了复杂的拍摄环境带来的诸多问题, 图像采集程

序描述如下。图像的采集程序通过调用摄像机的程序 IMAQ Open camera 打开摄像头通过 IMAQ configure Grab 来抓取图像之后将图像的特征拷贝到队列中然后进行图像的条件判断决定是否需要进行下一步的图像处理还是直接按照错误输出。同时在图像的特征成功抓取之后用一个 Image Display 控件显示采集到的原始图像^[9]。

由于采集到的图像是 24 小时实时进行监测的，当然不可能 24 小时着火，故对于采集到的有火情的图像和无火情的图像首先要进行图片的信息提取判断，之后进入处理程序和删除程序，针对以上问题具体采用图像的打开关闭和图像的读写删除操作，具体程序描述如下：通过 Obtain Queue 函数打开图像文件并命名为 001，之后通过函数 IMAQ Create 函数创建多个不同处理阶段的图像为其保留原始图像并对 Image Type 进行设置为 Grayscale (U8) (8 位) 之后通过 IMAQ Grab 的 Image In 输入接口将图像输入之后拷贝图像特征通过 Enqueue Element 函数将元素加入队列通过条件判断循环进行条件判断后通过 Release Queue 函数释放队列读取和删除读取的图像内容，并进行错误输出。

1.4 图像噪点面积去除和火焰面积计算

1.4.1 图像的灰度化处理

为了减少后台的程序计算量将软件的处理和反应速度更加的迅速，减少反应时间，解决识别 RGB 图片处理耗费大量的时间问题，进行图片的灰度化处理将图片转化为黑白图片以便于更好的快速运行和计算操作，具体程序是将最初的 32bit 的图片通过函数 IMAQ Cast Image 转化为 8bit 的图片之后通过图像的灰度化程序，将拍摄到的彩色图像经 IMAQ BCGLookup 函数转换为灰度化图像，在转换过程中，可对原彩色图像的 Brightness Contrast Gamma 等进行调整。转换后的灰度图经 IMAQ Image To Array 函数再将灰度图转换为相应的二维灰度值数组。之后将二维灰度值数组加入到二维索引数组中。BCG Values 的三个值依次是 Brightness37.0, Contrast54.40, Gamma8.52 这些数值是基于室内白天正常光照的情况下调试的数值。具体处理程序如图 2 (a) 所示。

1.4.2 颗粒过滤与提取颜色区域

微波处理的物质存在点状色点对于系统计算增加负担和火情预警带来误差而不具有实际价值，同时还有对于火焰区域的提取存在问题。采用了颗粒过滤和提取颜色区域以解决上述问题^[13-14]。具体实施步骤是将采集到的彩色图像经 IMAQ Color Threshold 函数转换为黑色和红色两种颜色的二值化图像，然后再利用 IMAQ Particle Filter 函数对图像中的细小的噪点造成的颗粒区域进行过滤，采用对于纳入统计的区域设定阈值，接着利用 IMAQ Image To Array 函数将图像转换为对应的二值化数组。具体的过

滤和提取程序如图 2 (b) 所示。

对于不同的燃烧的物质具有不同的挥发特性和燃烧属性，不同的场地所存在的光的强度不同而传统的处理方法只针对自身属性而只具有单一的特性检测容易受到不同物质挥发和摩擦生热的影响。为解决上述问题采用了在不同环境进行动态的参数设置以适应于复杂的环境。具体程序实现采用设定 RGB 的火焰阈值范围通过这个范围内测量到的火焰图像像素的多少设定一个阈值达到设定值就实施报警。参数值设定在正常的室内光照情况下。

1.4.3 火焰面积计算

为了解决传统的报警机制所产生的报警结果过于单一，不利于对于火情的严重程度的掌握和扑灭的方案选择，为解决以上问题采用火焰面积计算程序解决火焰的分级问题，在此功能的实现中，通过两个 for 循环，以及条件结构函数可以将图像中不需要处理的区域剔除掉，同时，利用两个寄存器通过累加手段分别存储灰度图以及根据火焰颜色得出的二值化图像中的火焰面积大小^[15]。如图 2 (c) 所示。

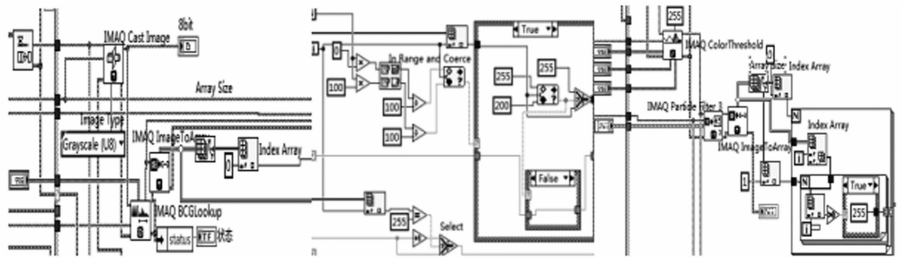
1.5 报警设置与图像回放

1.5.1 预警与报警程序

由于现存的传统的探测技术得到的存在火情的结果显示缺乏智能化和人性化，报警显示不具有分级特性和扑灭的紧急程度显示。针对这个问题采用程序分级报警机制来解决^[12-13]。显示的报警信号的逻辑输出程序主要是当出现仅仅发生在图像灰度化处理中测量出来的火焰的面积满足根据实际环境设定的灰度值的阈值时才会显示报警。而采用另外一种三原色法所进行图像处理的范围值，当实际的火焰图像统计超过这个阈值时就会报警，采用条件循环语句使两种方式的图像处理方式都表明有火焰的情况下则会在 NI myRIO 的硬件的 LED 的灯上显示为三个灯亮^[14]。而只有其中一种则会只有其中一个指示灯亮。通过 add Array Elements 右边的 B 噪点在实际的环境中对于不同的关照强度图片的处理数量确定实际所需要 B 报警阈值。下面原理相同通过 add Array Elements 右边实时的图像处理中的 R 噪点数量确定 R 报警阈值。

1.5.2 处理结果图像显示程序

由于传统的图像型红外探测技术处理方式只显示最后的报警红灯结果出现误报情况无法通过人工进行检查造成



(a) 图像的灰度化处理 (b) 颗粒过滤和提取火焰颜色 (c) 火焰的区域选择和面积计算

图 2 图像的噪点面积去除和计算

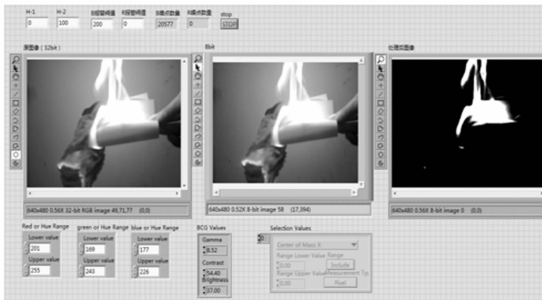
财产的损失和人员的浪费^[12-13]。不利于编程人员或者程序维护人员的程序自查和纠正, 为此设立处理结果显示程序, 显示处理后的图像是否符合要求存不存在程序缺陷造成误报。

2 系统测试

利用 CCD 传感器对实验环境进行图像拍摄, 图像信号传输至 NI myRIO, 然后利用 LabVIEW 对图像进行处理, 识别是否有火情并自动报警以模拟在实际的微波设备中的着火情况进行参数的调节, 实现测试系统的最优化。

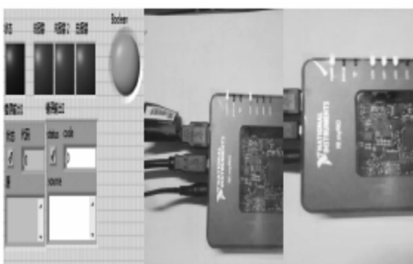
测试结果:

首先通过不断地模拟训练和调试, 找到合适的阈值。将根据 B 噪点值和 RGB 噪点值调节报警阈值的具体参数填入软件模块 IMAQ Color Threshold 参数设置和 IMAQ BCGLookup 参数设置中。如图 3 所示是拍摄的火焰图片经过类型转换而生成的图片处理结果和测试进行中的 LabVIEW 软件的前面板运行情况如图 (a) ~ (c) 所示, 如图 4 所示是现场的火焰图片 (d) 和实际测试的报警情况 (e), (f)。



(a) 火焰原图 (b) 灰度化 (c) 火焰提取

图 3 图像的测试过程



(d) 火情报警 (e) 预警指示灯 (f) 报警指示灯

图 4 火情的报警显示

在不同的测试环境下进行灰度化处理后进行二值化处理最后对特定的参数不断调试得到 Brightness 37.0, Contrast 54.40, Gamma 8.52 三个值能适用大部分的有光照环境火焰识别, 使用该程序需在特定的环境配备特定的参数, 进行现场参数调试, 但是优点是程序不需要做修改, 从这个角度来看程序具有普遍的环境适应性, 而在程序的第二部分采用的基于三原色原理对于火焰的三色范围设定了达到报警的特定值, 在特定的着火环境需要设定不同的阈值。因此, 程序在参数方面也具有较好的灵活性。

在测试中, 采用 A4 白色的纸张燃烧模拟着火环境进行测试, 软件部分的参数设置为: 图像的处理区域为全部区域; IMAQ BCGLookup 的 Brightness 值为 37.00、Contrast 值为 54.40、Gamma 值为 8.52; 火焰颜色提取中 IMAQ Color Threshold 函数的参数 Red 的值为 201~255、Green 的值为 169~243、Blue 的值为 177~226; 火焰颜色颗粒大小过滤函数 IMAQ Particle Filter 中的范围值设置为 50~50000; 最终的灰度图报警阈值为 200; 火焰颜色图中的报警阈值为 20。

实际的测试数据分析中对于传统的探测技术具有明显的优势, 针对复杂环境采用的 CCD 拍摄图像清晰, 程序在干扰条件下的火焰提取准确克服了传统的技术误报率高的情况, 最后的两条路线分级机制克服了传统技术结果显示不够智能化和人性化的缺陷。

3 总结

实验试样的测试显示: 内嵌于硬件系统的软件编程处理系统对于微波设备的火情预警报警具有显著的效果; 采用带有防护装置的摄像头对于复杂的工作环境具有较好的适应性, 编程中采用两种图像处理方式处理的图像形成的二级处理机制防止了误报; 测试得到 IMAQ BCGLookup 的 Brightness 值为 37.00、Contrast 值为 54.40、Gamma 值为 8.52; 火焰颜色提取中 IMAQ Color Threshold 函数的参数 Red 的值为 201~255、Green 的值为 169~243、Blue 的值为 177~226; 火焰颜色颗粒大小过滤函数 IMAQ Particle Filter 中的范围值设置为 50~50 000; 采用的特定的图像噪点过滤程序最后经过实际的环境测试得到测试值灰度图报警阈值为 200; 火焰颜色图中的报警阈值为 20。

参考文献:

- [1] 尚 峰. 复合型智能火灾探测器的研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2003.
- [2] 王杰庆, 张明高, 张海霞. 基于图像处理的无线火灾监控系统 [D]. 山东: 山东大学, 2016.
- [3] 张 玮. 火灾探测及联动报警系统的设计 [D]. 石家庄: 河北科技大学, 2010.
- [4] 陈 曦. 大空间火灾接触式感烟探测仿真研究 [D]. 北京: 清华大学, 2009.
- [5] Xi R R, Jin S Y, Yun X C, et al. CNSA: a comprehensive network security situation awareness system [A]. Proceedings of the 2011 International Joint Conference of IEEE [C]. 2011 (11): 482-487.
- [6] 姚小城. 基于红外检测的智能化烟雾探测报警系统 [D]. 南京: 南京理工大学, 2007.
- [7] Anoop Sathyan, Manish Kumar, Kelly Cohen. Image Processing and Localization for Detecting and Tracking Wildland Fires [A]. ASME 2015 Dynamic Systems and Control Conference [C]. 2015.

(下转第 185 页)