

Train Interval Recognition Based on Computer Vision

Yong Shan¹, Huanhuan Cheng²

¹School of Information and Navigation, Air Force Engineering University, Xi'an Shanxi

²Unit 94188 of Air Force, Xi'an Shanxi

Email: sy95122@163.com

Received: Mar. 13th, 2015; accepted: Apr. 2nd, 2015; published: Apr. 9th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Train intervals between carriages need to be recognized when we sprinkle the dust-restrainer on coal in the train. A train interval recognition method based on computer vision technology is proposed, which will set a video camera on one side of the platform to recognize the train intervals by processing image sequences. Because of the variation of illumination and weather, images are first enhanced by histogram equalization algorithm, and then image features including texture features and line features are extracted and integrated. The SVM model will be trained offline for four targets, including locomotive, carriage, interval and platform, and used to recognize the train intervals online. Our experimentations show that our system is capable of recognizing the beginning and the ending of train intervals automatically. Furthermore, the proposed system can be embedded in the sprinkle system easily to reduce the waste of dust-restrainer dramatically.

Keywords

Computer Vision, Video Processing, Feature Extraction, Feature Fusion, Train Interval Recognition

基于计算机视觉的火车钩挡识别

单 勇¹, 程环环²

¹空军工程大学信息与导航学院, 陕西 西安

²空军94188部队, 陕西 西安

Email: sy95122@163.com

收稿日期：2015年3月13日；录用日期：2015年4月2日；发布日期：2015年4月9日

摘要

为了给运煤车喷洒抑尘剂，需要识别火车车厢之间的钩挡。基于计算机视觉的火车钩挡识别只需在站台一侧安装摄像头，对拍摄到的图像序列进行处理从而识别出钩挡。由于光照、天气等诸多因素的影响，首先采用直方图均衡算法对图像进行增强，然后提取图像的LBP纹理特征和直线特征，并进行特征融合，选用SVM (Support Vector Machine)分类器，针对不同的目标通过离线训练的方式获得SVM模型参数。针对四类目标训练了相应的SVM模型，分别为车头、车厢、钩挡和车站，对拍摄的运煤车视频图像可以实现在线识别。经过初步实验验证，提出的钩挡识别系统能够自动识别火车钩挡的开始和结束，从而控制喷洒系统，且安装简单，能够最大程度的减少抑尘剂浪费。

关键词

计算机视觉，视频处理，特征提取，特征融合，火车钩挡识别

1. 引言

煤炭在铁路装车时，均采用敞篷车皮。为了防止煤炭在运输过程中被风吹散，需要在煤炭表面喷洒一层抑尘剂。一般情况下装车和喷洒是两个过程，人工装车和自动喷洒。在自动喷洒的过程中，由于车厢与车厢之间存在空隙(这个空隙被称为钩挡)，如果一直开启喷洒装置，喷洒完整列车会浪费 10%左右的抑尘剂。长期累积，会造成两方面的损失，一是抑尘剂浪费严重，二是环境污染。因此，在自动喷洒抑尘剂时，需要识别火车车厢与车厢之间的钩挡，同时为了自动开启和关闭喷洒系统，需要识别火车头和尾。

钩挡识别主要是识别出车厢的结束(即钩挡开始)和开始(即钩挡结束)，当车厢结束时发送关闭信号给喷洒系统，当车厢开始时发送打开信号给喷洒系统。一般的，在铁路两边放置一对红外线装置可以很精确的识别出钩挡的开始和结束。但是存在两个比较困难的问题，第一，红外线装置反馈出的信号太简单，对一些复杂的情况无法识别，例如当火车头经过时不应该喷洒的，当火车倒车时也不应该启动喷洒。第二，红外线装置通常都是在火车两侧成对铺设，如果火车的一侧没有站台，那么这一侧红外线装置的电源引接比较困难。而用计算机视觉的方法，只需要在站台一侧安装摄像头，就可以解决红外线装置遇到的困难。

目前将计算机视觉技术应用于火车识别已经很常见，绝大部分解决的是识别火车车号、标牌的问题[1]-[3]，并未见到对火车钩挡识别方法有相关文献报道。本文用图像处理方法设计的火车钩挡识别系统，能自动识别出火车钩挡的开始和结束，从而控制喷洒系统，不仅能最大程度减少浪费，而且安装简单。

2. 系统概述

基于计算机视觉的钩挡识别系统需要在站台的一侧近距离架设摄像头一个，对获取到的视频图像采用图像处理方法检测和识别钩挡，实际距离在 2~3 米，以火车车厢的上下沿占满图像为最好。具体思路是对摄像头获取到的当前图像提取特征，经过特征融合，在一定策略的支持下判断出是否存在钩挡，并反馈信息。

钩挡识别系统的流程如图 1 所示。主要包括两大模块：计算机视觉分析和钩挡识别。

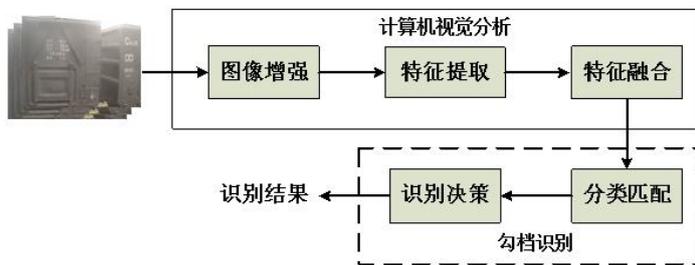


Figure 1. System flowchart

图 1. 系统流程图

计算机视觉分析包括图像增强、特征提取和特征融合[4]。由于实际场景中的干扰因素很多，如刮风、下雨、昼夜更替，需要增强图像，提高图像质量。特征提取是识别的基础，优良的特征可以从很大程度上提高识别率。提取多种类型的底层特征，通过融合可以克服天气变化和光线变化带来的干扰。

钩挡识别模块主要对融合后的特征矢量进行分类匹配，从统计学的角度出发，对当前目标进行聚类，给出各类别的概率，然后用极大似然准则得到最后的钩挡识别结果。

3. 计算机视觉分析

3.1. 图像增强

在车站室外监控场景中，对钩挡识别影响最大的是昼夜更替和灯光开关，都会引起图像的亮度变化，亮度的变化对某些特征的提取不利，例如颜色、直方图等。可以采用直方图均衡化的方法调整图像的全局对比度，拉伸图像的直方图，使亮度均匀的在直方图上分布[5]。

本文采用的直方图均衡方法基本思路是：对原始图像灰度直方图中第 i 级有灰度 f_i ，根据其左右两边 $\sum_{k=0}^{i-1} p_k$ 和 $\sum_{k=i+1}^{n-1} p_k$ 之比来确定其修正后的灰度 g_i 的位置 j ：

$$\frac{j}{n-1-j} = \frac{\sum_{k=0}^{i-1} p_k}{\sum_{k=i+1}^{n-1} p_k} \quad (1)$$

经整理得：

$$j = (n-1) \frac{\sum_{k=0}^{i-1} p_k}{\sum_{k=0}^{i-1} p_k + \sum_{k=i+1}^{n-1} p_k} \quad (2)$$

因为 $\sum_{k=0}^{n-1} p_k = 1$ ， $p_k = q_k/Q$ ， q_k 为灰度级为 k 的像素数， Q 为整幅图像的总像素数，所以(2)式可进一步变换为：

$$j = (n-1) \frac{\sum_{k=0}^{i-1} q_k}{Q - q_i} \quad (3)$$

具体实现过程为：

第一步：得到原始图像的灰度级 f_i ， $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$

第二步：统计各灰度级的像素数 q_i ， $i = 0, 1, 2, \dots, n-1$

第三步：作灰度映射表

$$g_0 = f_0, \quad g_j = \text{INT} \left\{ (n-1) \left(\sum_{k=0}^{j-1} q_k \right) (Q - q_j) + 0.5 \right\}, \quad g_{n-1} = f_{n-1}$$

第四步：由灰度映射表的对应关系，修正原始图像的灰度级。

3.2. 特征提取

特征的选取应该针对需要识别的目标。现有常用的运煤车厢有三种类型：C64、C70 和 C80，其中 C70 和 C80 车厢比较相似，而 C64 车厢表面的纹理与其它两种车厢有区别(如图 2)。因此，需要分别提取相应的特征进行识别。

从图中可以看出三种类型的车厢存在不同特点的特征，如 C64 车厢的颜色信息不明显，而 C70 车厢尾颜色(黄色)与车厢其它部分不同。因此，颜色特征对检测 C64 车厢尾部没有帮助，而对检测 C70 车厢尾部有帮助。颜色信息不能作为所有车厢的共同特征。

经过分析，发现所有车厢尾部的纹理特征要比车厢其他部分的纹理特征复杂。同时，车厢尾部的直线特征也比较丰富。因此，可以提取这两类特征来检测车厢尾部。

3.2.1. 纹理特征提取

最经典的纹理特征提取方法是计算图像的灰度共现阵，但灰度共现阵的计算量很大，无法应用于实时系统。本系统选择采用提取 LBP (Local Binary Patterns)纹理特征[6]，该特征具有计算复杂度小，并且具有旋转不变性和多尺度特性。对 LBP 特征向量进行提取的步骤如下：

第一步，将检测窗口划分为 16×16 的小区域(cell)，对于每个 cell 中的一个像素，将其环形邻域内的 8 个点(也可以是环形邻域多个点，图 3 应用 LBP 算法的三个邻域示例所示)进行顺时针或逆时针的比较，如果中心像素值比该邻点大，则将邻点赋值为 1，否则赋值为 0，这样每个点都会获得一个 8 位二进制数(通常转换为十进制数)；

第二步，计算每个 cell 的直方图，即每个数字(假定是十进制数)出现的频率(也就是一个关于每一个像素点是否比邻域内点大的一个二进制序列进行统计)；



(a) C64



(b) C70

Figure 2. The shape of C64 and C70

图 2. C64 和 C70 车皮外形

第三步，对该直方图进行归一化处理；

第四步，将得到的每个 cell 的统计直方图进行连接，就得到了整幅图的 LBP 纹理特征 F_{LBP} ，然后便可利用 SVM 或者其他机器学习算法进行分类。

3.2.2. 直线特征提取

直线是一种数学上简单的中层描述符号，利用它可以描述许多人造目标。运煤火车车厢尾部通常会安装梯子，方便人员对车厢进行维护，梯子的直线特征比较多，而车厢的其他部分的直线特征比较少。通过检测直线及线间的关系，可以辅助检测钩挡位置。

由于钩挡检测过程在室外实施，外界环境时常发生变化(昼夜交替、天气变化等)，所获得的原始图像亮度、对比度经常变化。为了适应环境的变化，算法的鲁棒性就很重要。本文采用了 Burns 等人提出的相位编组法提取直线[7]，该方法克服了已有算法只依据图像梯度的幅度信息提取直线的缺点，因而在提取低对比度直线时有明显优势。该方法主要有四个步骤：

第一步：计算梯度，用 Sobel 算子或 Robert 算子得到梯度的幅值和方向角；

第二步：梯度方向图分割，通过得到的方向角，采用固定分组的方法进行梯度方向分割，即将 360 度平均分为 8 个区域，每个区域 45 度，分别标记为 0, 1, 2, ..., 6, 7 形成标记图，将有相同标记的像素划分为一组；

第三步：连接直线支持区域，一条边缘可能会被分为若干个相距较近且编码相同的直线支持区，将同属于一条边缘的直线支持区进行连接，形成更长的直线支持区；

第四步：直线支持区拟合直线，采用最小二乘法确定最后的直线方程参数。

图 4 给出了对车厢进行直线提取的结果，从中可以看出钩挡开始(车厢尾部)时的水平直线特征明显多于车头和车厢中间。

将提取到的直线特征形成特征矢量 F_{Line} 如下：

$$L_i = \{x_{si}, y_{si}, x_{ei}, y_{ei}, len_i, org_i\}, i \in [1, 2, \dots, n] \quad (4)$$

$$F_{Line} = \{L_1, L_2, \dots, L_n\} \quad (5)$$

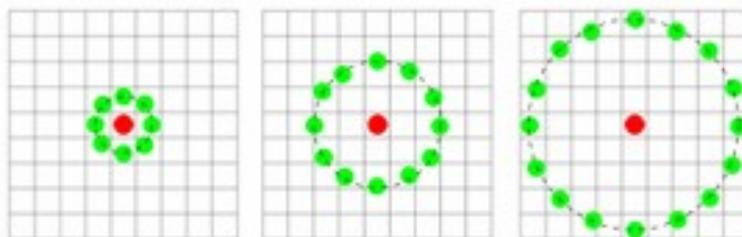


Figure 3. Example of LBP algorithm

图 3. LBP 算法邻域示例

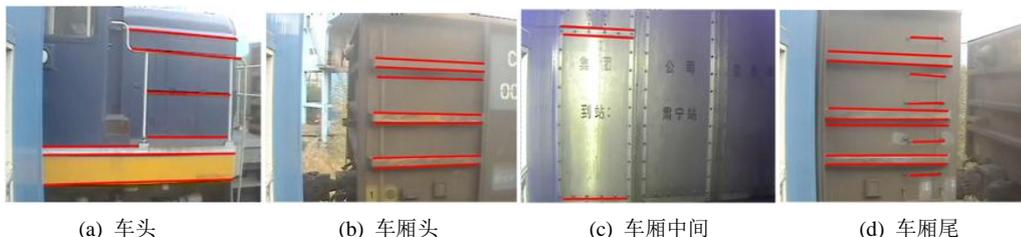


Figure 4. Results of line extraction

图 4. 直线提取结果

其中, (x_i, y_i) 为直线的端点, len_i 为直线的长度, org_i 为直线的方向。将直线 L_i 按照从上到下, 从左到右的顺序形成矢量 F_{Line} 。

3.3. 特征融合

为了给分类匹配提供合适的的数据, 需要把上面提取出的特征进行融合。由于对于该应用来说, 直线特征比较重要, 因此, 将纹理特征和直线特征通过线性加权的方式组合起来, 形成当前视频帧的特征矢量:

$$F = \alpha F_{Line} + (1 - \alpha) F_{LBP} \quad (6)$$

其中, $\alpha \in (0.5, 1)$ 为加权系数。当然融合的方法还可以选择其他的。

4. 钩挡识别

钩挡识别的过程主要分两步: 离线训练和在线识别。离线训练主要用已标识过的数据训练 SVM 分类器参数。在线识别用已训练好的 SVM 分类器识别新的数据。

4.1. 离线训练

由于识别环境在室外, 图像数据受外界光照变化影响比较大, 因此, 需要在各种光照条件下对 SVM 分类器进行训练, 主要包括: 早晨、中午、傍晚、晚上、阴天、雨天、雪天、雾天等。

SVM 训练的主要思路[5]是: 构建核函数, 然后用测试集验证准确率, 当达到满足需要的准确率后, 就可以对新数据进行识别了。

本文中 SVM 的核函数选取为径向基内核 RBF 函数

$$K(x, x_i) = \exp\left(-\gamma \|x - x_i\|^2\right) \quad (7)$$

其中 γ 为核函数的宽度。RBF 核函数可以将一个样本映射到一个更高维的空间, 但需要确定的参数要少, 使得计算复杂度不高。

在进行 γ 参数选择时采用 K 交叉验证的方法, 即将训练数据集分成 k 份相等的子集, 每次将其中 $k-1$ 份数据作为训练数据, 而将另外一份作为测试数据。这样重复 k 次, 根据 k 次迭代后得到的最小均方误差 MSE 平均值来估计期望泛化误差, 最后选择出最优的参数 γ 。

4.2. 在线识别

离线训练好的 SVM 模型可以对四类目标进行识别, 分别是: 车头、车厢、钩挡和车站(摄像头前无火车), 综合上面的分析整个钩挡识别的流程如图 5 所示。

5. 实验结果

本文的实验视频采用 704×576 的分辨率, 分别对 C64、C70 两种运煤车进行了白天和夜晚钩挡识别测试。首先对两种运煤车分别完成了 3 小时的钩挡识别训练, 采用人工标注的方法进行识别, 然后用 SVM 模型对标注结果进行学习, 最后再实现在线识别。结果如图 6 和图 7 所示。

图 6 为 C64 识别结果, 图 7 为 C70 识别结果, 为了提高运算效率, 测试时选取了 100×250 的识别框, 算法只在该识别框中运算。从识别结果中看, 该算法能较准确的识别到钩挡的开始和结束, 经过多次测试, 识别率如表 1 所示。

从表 1 中可以看到, 钩挡识别算法在白天的识别率要高于晚上, 这是由于晚上站台上开启了较强的照明灯, 灯光使得某些特征变弱甚至消失。同时 C70 比 C64 的识别率高, 这是因为 C70 的车皮比 C64

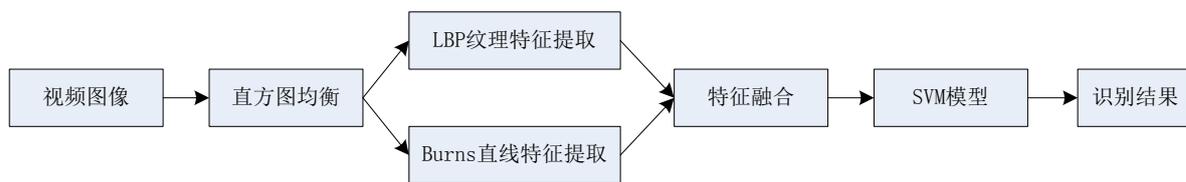


Figure 5. The flow of recognition on-line
图 5. 在线钩挡识别流程



(a)



(b)

Figure 6. The results of C64 Recognition
图 6. C64 钩挡识别结果



(a)

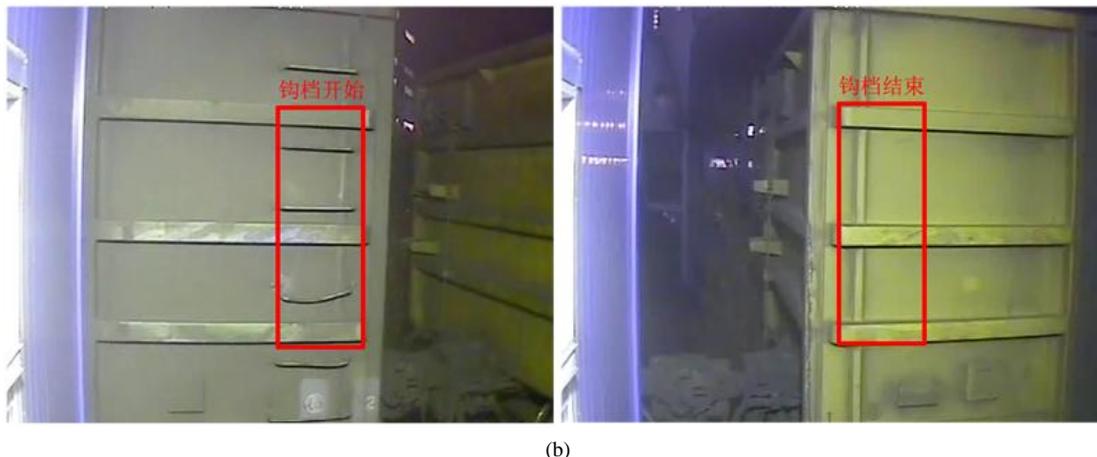


Figure 7. The results of C70 recognition

图 7. C70 钩挡识别结果

Table 1. Recognition rate

表 1. 钩挡识别率

车厢类型	测试时间段	测试时长	识别率
C64	白天	1 小时 23 分 42 秒	96.2%
	夜晚	1 小时 3 分 15 秒	90.7%
C70	白天	1 小时 15 分 21 秒	98.4%
	夜晚	1 小时 30 分 07 秒	93.1%

的要新、干净，因此 C70 的特征较丰富，准确率就会提高。

6. 结束语

本文基于计算机视觉的方法提出了一个有效的火车钩挡识别系统，能自动识别出火车钩挡的开始和结束，从而控制喷洒系统，不仅能最大程度减少浪费，而且安装简单。该系统首先对视频图像做增强处理，然后从增强的结果中提取纹理、直线等特征，通过特征融合，用 SVM 模型对融合后的特征分类、识别。总之该系统的钩挡识别率较高，具有一定的实用潜力。但该系统还需要做以下改进：1) 调整模型，提高夜晚的识别率；2) 由于是在室外，要实用必须适应全天候情况，因此要在复杂天气情况下测试。

基金项目

陕西省自然科学基金资助(2013JM8025)。

参考文献 (References)

- [1] 陈春雷, 王阳萍, 祝咏升 (2007) 基于视频列车车号识别系统的研究. *兰州交通大学学报(自然科学版)*, **6**, 99-102.
- [2] 党华丽 (2007) 列车车号自动识别系统研究与设计. 硕士论文, 河北工业大学, 天津.
- [3] 邵士媛, 左长进 (2006). 列车车号自动识别系统 ATIS 应用与实践. *计算机工程与设计*, **11**, 2108-2111.
- [4] 章毓晋 (2006) 图像工程(上册). 清华大学出版社, 北京.
- [5] 单勇, 王润生 (2006) 彩色图像混合滤波算法. *数据采集与处理*, **S1**, 67-70.
- [6] 邹彬, 潘志斌, 胡森 (2012) 基于局部投影与块 LBP 特征的图像检索. *中国图象图形学报*, **6**, 671-677.
- [7] 文贡坚, 王润生 (2001) 一种稳健的直线提取算法. *软件学报*, **11**, 1660-1666..