

一种在线运动物料袋智能图像计数方法

贾伟¹, 刘炜^{1,2}, 刘彦宾¹, 王亚¹, 樊里略¹

(1. 遵义师范学院, 遵义 563002; 2. 贵州大学, 贵阳 550025)

摘要: **目的** 针对工业场景中传送带上运动物料袋的运动特点, 提出一种在线运动物料袋智能图像计数方法。**方法** 首先对工业场景中前景图像“1”的数目进行统计分析, 并计算其实时概率分布; 然后将该概率分布近似为连续型概率分布, 通过应用线性差值的方法, 计算某时刻前景图像的概率分布, 从而得到该概率分布的密度 $S(t)$; 最后比较 $S(t)$ 的大小, 确定通过传送带的在线运动物料袋数目。**结果** 连包计数精度明显提高, 误检测率下降为 1%。**结论** 该方法具有计数精度高的优点, 克服了传统算法的不足, 计数准确率得到了有效提高。

关键词: 计算机视觉; 传送带; 运动物料袋; 智能图像

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)21-0006-04

An Intelligent Image Counting Method of Online Moving Bags

JIA Wei¹, LIU Wei^{1,2}, LIU Yan-bin¹, WANG Ya¹, FAN Li-lue¹

(1. Zunyi Normal College, Zunyi 563002, China;

2. Guizhou University, Guiyang 550025, China)

ABSTRACT: Objective Targeting at the movement features of bags on conveyer in industrial scene, we proposed an intelligent image counting method for the online moving bags. **Methods** Firstly, the probability distributions of the number of '1' of the foreground image were computed, and then the probability distribution was approximated to the continuous probability distributions. In order to calculate the probability distribution density $S(t)$, the linear difference was used to calculate a time probability distribution of the foreground image. Finally, the $S(t)$ values were compared and the moving bag counting was achieved. **Results** The packet loss problem during bag statistics was solved, and the accuracy of bag counting was significantly improved. The error detection rate dropped to 1%. **Conclusion** The method has the advantage of high counting accuracy, and it overcomes the shortcomings of traditional algorithms. The accuracy of the counting has been effectively improved.

KEY WORDS: computer vision; conveyor; moving bags; intelligent image

传统的运动物料袋(如水泥袋、面粉袋、大米袋、化肥袋等)在线计数器主要是采用控制器、光电传感器以及多种传感器技术相结合而设计的计数系统^[1], 其缺点是容易受到环境的影响, 系统设计比较复杂, 且功能单一。基于计算机视觉与嵌入式的智能图像技术在节省时间、减少工作重复率、降低系统复杂

性、扩展功能多样性等多方面具有优势, 因而越来越多地用于对各种物体的品相检测、识别与计数。例如: 研究人员应用计算机视觉技术对棒材等物料进行在线计数与识别^[2-3], 对烟支、空瓶等静态目标进行检测与计数^[4-5], 对产品及其包装进行检测与统计^[6-9], 以及对行人等动态目标进行检测与计数^[10-11]; 在水泥的

收稿日期: 2014-06-30

基金项目: 贵州省科技厅、遵义市科技局、遵义师范学院联合基金项目(黔科合J字LKZS[2014]23号和08号); 遵义师范学院教学科研项目(NO:13-08和13-06)

作者简介: 贾伟(1985—), 男, 甘肃陇西人, 硕士, 遵义师范学院助教, 主要研究方向为计算机图像及应用。

生产与搬运过程中,运用计算机视觉技术对水泥袋进行检测,从而判断水泥袋有无破损的情况^[12];利用计算机视觉技术,还可以对水果和蔬菜进行检测和分类^[13-14]。张国华、谭晓阳等^[15]提出了一种基于单摄像头的实时行人计数方法,该方法首先将摄像头垂直放置在门顶,然后通过检测人头外观信息及上车时间等先验信息进行人数统计。

针对传统计数方法的计数特点,提出了一种在线运动物料袋智能图像计数方法,该方法首先对工业场景中前景图像“1”的数目进行概率学统计分析,然后利用线性差值的方法计算某时刻前景图像的概率分布密度 $S(t)$,最后通过比较概率密度 $S(t)$ 的大小确定传送带上运动物料袋的数目。

1 运动物料袋在线检测算法

1.1 五帧差分算法的改进

设 $I_k(i,j)$, $I_{k+1}(i,j)$ 分别表示第 k 帧和 $k+1$ 帧的图像, $Y_k(i,j)$ 为差分结果,即:

$$Y_k(i,j)=|I_{k+1}(i,j)-I_k(i,j)| \quad (1)$$

式中, (i,j) 表示像素值的坐标。该算法通常用阈值 T 分离运动目标与背景区域,即当 $Y_k(i,j)>T$ 时,相邻帧的差值为“1”,当 $Y_k(i,j)\leq T$ 时,其差值为“0”,从而使经过该运算的视频图像被分为黑白2个区域。若运动区域表示为 $D_k(x,y)$,则有:

$$D_k(x,y)=\begin{cases} 0 & Y_k(x,y)\leq T \\ 1 & Y_k(x,y)> T \end{cases} \quad (2)$$

原始的帧差分算法由于阈值 T 的固定性,使得物料袋检测容易受到光线及环境场景变化的影响,算法存在对环境变化适应能力差的缺点。为此,针对文献[16]的方法进行了改进,采用了一种动态阈值 T 的方法,实现背景与目标区域分离。这里的 T 值计算过程如下所述。

1) 若图像灰度值的最大值和最小值分别用 X_{\max} 和 k_{\min} 表示,则初始阈值 T_k 可表示为:

$$T_k = \frac{X_{\max} + k_{\min}}{2} \quad (3)$$

2) 将图像分割为目标和背景区域,并计算前后2部分区域灰度值的中值 X_F, X_E 。

3) 计算 T_{k+1} 。

$$T_{k+1} = \frac{X_F + X_E}{2} \quad (4)$$

4) 若 $T_k=T_{k+1}$,则运算结束,若 $k=k+1$,则返回2)。

1.2 基于单高斯模型的背景更新

单高斯模型是一种基于统计学的背景、目标分离算法,该方法假设图像中每个像素都是独立的,并服从一维正态分布。该模型具体可表示为:

$$P(x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (5)$$

式中, x_i 为图像灰度; μ 为图像中灰度 x_i 附近的均值,表示图像灰度 x_i 附近的方差; $P(x_i)$ 为灰度值等于 x_i 的概率。单高斯模型采用公式(6)更新背景。

$$\beta^t = aI^t + (1-a)\beta^{t-1} \quad (6)$$

式中, a 为更新系数。采用基于单高斯模型的背景更新,更新方法如下所述。

1) 若 $I_{k-2}, I_{k-1}, I_k, I_{k+1}, I_{k+2}$ 表示连续的相邻图像序列,其中 I_k 为中间帧图像,令帧数 $N=k$,当 $(k-3)\%5=3$ 时,进行背景更新,否则继续。

2) 非刚体物料袋表面绝大部分具有相似性特点,因此,这里采用图像加运算的补偿方法,通过完整物料袋图像的表面图像来补偿相邻帧不完整的图像,当帧数满足 $(k-1)\%5=0$ 或 $(k+1)\%5=0$ 时,保存该图像帧,再对该帧相邻帧图像进行加运算。

综上所述,提出的运动物料袋检测算法流程见图1。

2 运动物料袋智能计数算法

文献[17]提出了一种基于行人的统计方法,其基本计数思想为:首先设置视频感兴趣区域,若有行人通过该区域,则系统统计通过感兴趣区域前景目标二值化图像中“1”的个数,然后根据其点数统计人数。算法基本原理可表示为:

$$\begin{aligned} P=1, n \leq P_n < 1.4n \\ P=2, 1.4n \leq P_n < 2.6n \\ P=3, n \leq P_n < 3.6n \\ P=4, 3.6n \leq P_n < 4.8n \\ P=4, n \leq P_n < 5.8n \end{aligned} \quad (7)$$

式中, P 为行人数目; n 为感兴趣区域中“1”的个数; P_n 为单个行人“1”的点数。通过对文献[17]计数方法的研究,提出了适合运动物料袋计数特点的新方

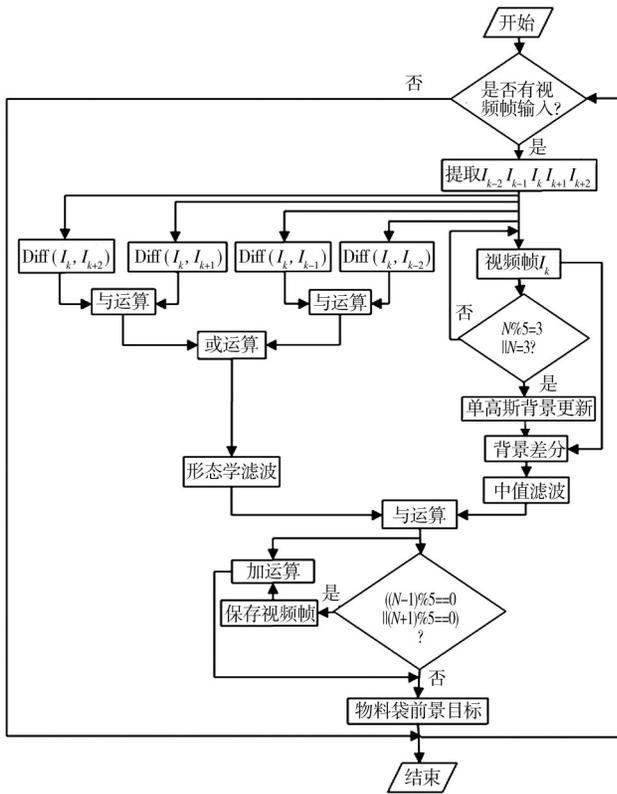


图1 运动物料袋检测算法流程

Fig.1 The flow chart of moving bag detection algorithm

法。在线运动物料袋检测目标随时间变化的概率曲线见图2,其纵坐标 $P(t)$ 表示前景图像中像素点的实时分布概率。

由图2可知,当在线运动物料袋存在连包(横向和纵向)时,曲线与横坐标所组成的区域面积较大(图2中用曲线中 $P(t)$ 极大值与极小值所构成的三角形表示(虚线))。当物料袋受到环境变化干扰时,面积增大,但小于连包时的面积。假设图2中时间概率分布近似服从连续随机变量分布,且用 $S(t)$ 表示该连续随机变量分布的概率密度,则物料袋概率密度可以用图2曲线中每个极大值与其相邻极小值所组成的面积表示(图2中虚线与横坐标所构成的三角形区域),即有:

$$S(t) \approx \frac{1}{2} P(t) t \quad (8)$$

阈值 T 的求值方法以及算法的实现过程为:

当进行第1袋物料袋计数时:

$$T = \varphi \quad (9)$$

式中, φ 为经验值, $\varphi = 16$ 。

当计数为 n 袋时:

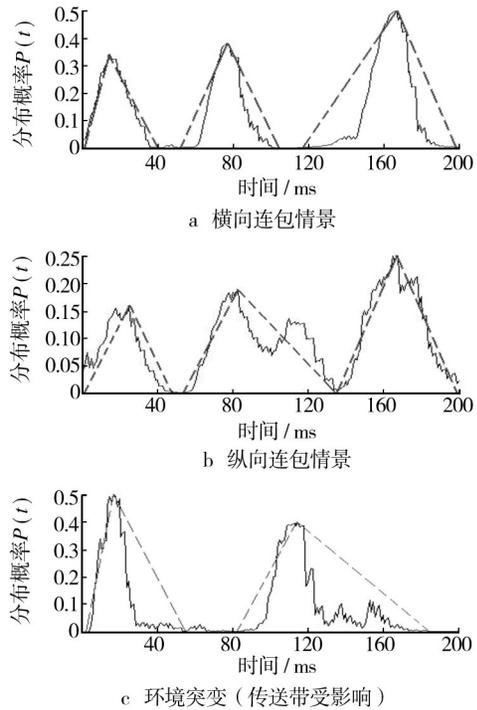


图2 2种连包及环境变化检测曲线

Fig.2 The detection curves of two kinds of attachment bags and environmental change

$$T = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{n} \quad (n=2, 3, \dots, 10\ 000) \quad (10)$$

当 $0 \leq S(t) \leq T$ 时, $N_{um}=1$;

当 $T \leq S(t) \leq 2T$ 时, $N_{um}=2$;

当 $2T \leq S(t) \leq 3T$ 时, $N_{um}=3$;

于是,当 $(\lambda - 1)T \leq S(t) \leq \lambda T$ 时, $N_{um} = \lambda$, $\lambda = (1, 2, 3, \dots, n)$ 。

在图像分析与处理中,图像的一、二阶导数通常用差分的方法表示,具体可描述为:若图像的像素值用 $I(i, j)$ 表示,则在点 (i, j) 处分别沿 x 和 y 方向的图像一阶差分关系用公式可表示为:

$$\nabla_x I(i, j) = I(i+1, j) - I(i, j) \quad (11)$$

$$\nabla_y I(i, j) = I(i, j+1) - I(i, j) \quad (12)$$

为了计算图2曲线中极大值与极小值,通过循环使用线性差分求导的方法判断曲线中极大值与极小值,进而计算 $S(t)$ 。

3 实验与分析

为了验证提出的计数算法的有效性,进行比较研究。实验测试所用的视频来源于成都市双流县某食

品厂仓库,是玉米袋装车时在传送带上的运行过程,视频中包括了工厂作业环境下物料袋存在的单包、连包和环境突变等多种特征。视频格式为 AVI,视频播放速率为 25 帧/s,分辨率为 320 dpi × 240 dpi。实验中,若概率 $P(t)$ 小于 0.001,则按照近似为 0 处理。物料袋计数实验测试界面见图 3,其中,图 3a 中方框表示文献[17]感兴趣区域。文献[17]算法称为 A 算法,提出的算法实验测试结果见表 1,称为 B 算法。

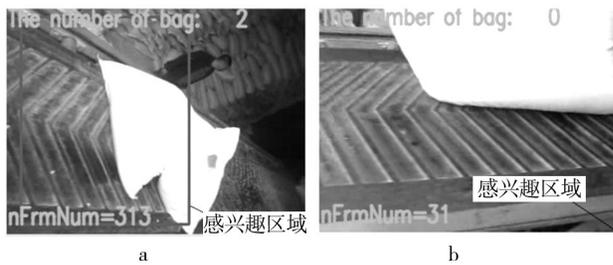


图3 物料袋计数实验测试界面

Fig.3 Test interface of bag counting

表1 运动物料袋计数方法测试结果

Tab.1 The experimental result of moving bag counting

视频序号	帧数	A算法/袋	B算法/袋	实际数目/袋	连包
I	240	5	4	4	横向
II	236	2	2	2	无
III	1030	11	10	10	无
IV	467	6	6	6	纵向
V	798	7	6	6	无
VI	1080	12	10	11	无
VII	872	8	6	6	无
VIII	200	1	1	1	无

由表 1 可知,提出的算法具有较好的计数效果,特别是当在线运动物料袋连包时,误检率为 0。由于传送带运动为近似匀速运动,因此每袋通过时,前景区域的概率密度相差较小,同时,计数时相邻 2 包间隔为 40 帧,从而保证无丢包发生。当受到环境突然快速变化影响时,则出现了误判的情况。由此可见,提高检测算法对环境的适应能力是准确计数的关键。文献[17]方法的计数误检率为 16%,文中提出的方法其整体计数误检率为 1%。

4 结语

提出了一种在线运动物料袋智能图像计数方法,解决了应用计算机视觉技术对物料袋连包进行计数

时存在的丢包问题。该方法首先统计前景图像中“1”的数目,分析工业场景中前景图像的实时概率分布曲线变化情况,然后通过循环运用线性差值的方法获取曲线中的极值,最后通过近似计算该分布的概率密度,从而得到物料袋通过视频区域的数目。实验数据的分析研究表明,采用的计数方法优于文献[17]提出的方法。若在物料袋的检测与识别中,利用其三维特征有关的先验参数值^[18],将对提高计数精度,尤其是叠包情形下的物料袋识别与计数具有重要意义。

参考文献:

- [1] 曹卫锋,张贵林,谢泽会,等.多传感器数据融合技术在水泥袋计数器中的应用设计[J].包装工程,2011,32(1):88—91.
CAO Wei-feng, ZHANG Gui-lin, XIE Ze-hui, et al. Application Design of Multi-sensor Data Fusion Technology in Cement Bag Counter[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 88—91.
- [2] 张达,谢植,艾江山.棒材在线计数中断面定位方法研究[J].仪器仪表学报,2010(5):1173—1178.
ZHANG Da, XIE Zhi, AI Jiang-shan. Research on Rebar Section Positioning Method in Online Rebar Counting System[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2010(5): 1173—1178.
- [3] 陈浩,王景中,姚光明.基于类圆分割的棒材计数图像识别[J].工程图学学报,2004,25(4):98—103.
CHEN Hao, WANG Jing-zhong, YAO Guang-ming. Pattern Recognition Based on Circular Segmentation for Counting of Bounded Bar Steel[J]. Journal of Engineering Graphics, 2004, 25(4): 98—103.
- [4] 曹计昌,邓祯.基于旋转编码模板匹配的烟支计数识别[J].计算机辅助设计与图形学学报,2006,18(8):7—10.
CAO Ji-chang, DENG Zhen. Cigarette Counting and Recognition Based on Rotating Code Template Matching[J]. Journal of Computer Aided Design & Computer Graphics, 2006, 18(8): 7—10.
- [5] 吴斌,胡彦彦,肖爱民,等.基于计算机视觉的空瓶检测系统[J].北京工业大学学报,2007,33(2):134—139.
WU Bin, HU Yan-yan, XIAO Ai-min, et al. Study on Machine Vision Based on Bottle Inspecting System[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2007, 33(2): 134—139.
- [6] 张冬娟,唐万有,朱捷航.烫印在线检测图像识别算法的研究[J].包装工程,2013,34(5):10—13.

(下转第 14 页)

- Plasticizer on Property of Films of Polymer-polyvinyl Alcohol [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2007, 39(8): 1276—1279.
- [13] 任德财, 林鹏, 钱镭, 等. 复配增塑剂对聚乙烯醇薄膜性能的影响[J]. 材料工程, 2012(6): 86—90.
REN De-cai, LIN Peng, QIAN Lei, et al. Effect of Mixture of Plasticizer on Properties of PVA Films[J]. Materials Engineering, 2012(6): 86—90.
- [14] 卢叶, 杨福馨, 张恒光. 载银抗菌剂/LDPE抗菌薄膜的制备与性能研究[J]. 包装工程, 2013, 34(11): 27—30.
LU Ye, YANG Fu-xin, ZHANG Heng-guang. Preparation and Properties of Silver-loaded LDPE Antibacterial Films[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(11): 27—30.
- [15] 寻倩男, 雷桥, 包建强, 等. 明胶-酪蛋白酸钠可食性膜的包装性能研究[J]. 包装工程, 2013, 34(15): 40—45.
XUN Qian-nan, LEI Qiao, BAO Jian-qiang, et al. Packaging Performance of Gelatin-sodium Caseinate Edible Composite Film[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(15): 40—45.
-
- (上接第9页)
- ZHANG Dong-juan, TANG Wan-you. Research of Image Recognition Algorithm for Hot Stamping Online Detection[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(5): 10—13.
- [7] 蔡叶菁, 彭涛, 何静, 等. 机器视觉在包装检测过程中的应用研究[J]. 包装工程, 2003, 24(2): 45—48.
CAI Ye-jing, PENG Tao, HE Jing, et al. The Research of Packaging-checking Based on Application of Machine Vision [J]. Packaging Engineering, 2003, 24(2): 45—48.
- [8] 刘振宇, 赵彬, 邹凤山. 机器视觉技术在工件分拣中的应用[J]. 计算机应用与软件, 2011, 29(11): 87—91.
LIU Zhen-yu, ZAO Bin, ZOU Feng-shan. Applying Machine Vision Technology to Workpieces[J]. Computer Application and Software, 2011, 29(11): 87—91.
- [9] 贺鑫. 小包烟包装质量机器视觉检测关键技术研究[J]. 包装工程, 2007, 28(8): 102—105.
HE Xin. Study on the Key Technology of Casing Quality Inspection of Small Package Cigarette Based on Machine Vision [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(8): 102—105.
- [10] SEVGEN S, KARABIBER F, YUCEL E, et al. Implementation of a CNN Based Object Counting Algorithm on Bi-i Cellular Vision System[C]// Electrical and Electronics Engineering, 2009. ELECO 2009. International Conference on. IEEE, 2009: II-394—II-397.
- [11] WREN C R, AZARBAYEJANI A J, DARRELL T J, et al. Pfinder: Real-time Tracking of the Human Body[C]// Photonics East'95. International Society for Optics and Photonics, 1996: 89—98.
- [12] 林雯. 基于计算机视觉的物流包装严密程度检测系统[J]. 物流技术, 2014(1): 102.
LIN Wen. Study on Tightness Checking System of Logistics Packages Based on Computer Vision[J]. Logistics Technology, 2014(1): 102.
- [13] 陈英, 廖涛, 林初靠, 等. 基于计算机视觉的葡萄检测分级系统[J]. 农业机械学报, 2010, 41(3): 175—178.
CHEN Ying, LIAO Tao, LIN Chu-kao, et al. Grape Inspection and Grading System Based on Computer Vision[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(3): 1000—1298.
- [14] 殷涌光, 丁筠. 基于计算机视觉的蔬菜中活菌总数快速检测[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 249—254.
YIN Yong-guang, DING Jun. Rapid Method for Enumeration of Total Viable Bacteria in Vegetables Based on Computer Vision[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(7): 249—254.
- [15] 张国华, 谭晓阳, 陈松灿. 基于视频流的复杂场景公交车人头对象计数研究[J]. 山东大学学报: 工学版, 2013, 43(4): 39—45.
ZHANG Guo-hua, TAN Xiao-yang, CHEN Song-can. Counting Heads from Bus Video Streams under Uncontrolled Conditions[J]. Journal of Shandong University: Engineering Science, 2013, 43(4): 39—45.
- [16] 王耀明, 董建萍, 严炜, 等. 图像阈值分割的统计迭代算法[J]. 桂林电子科技大学学报, 2000, 20(2): 6—7.
WANG Yao-ming, DONG Jian-ping, YAN Wei, et al. The Image's Segmentation by the Threshold Method[J]. Journal of Guilin Institute of Electronic Technology, 2000, 20(2): 6—7.
- [17] HARITAOGLU I, HARWOOD D, DAVIS L S. W4: Real-time Surveillance of People and Their Activities[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2004, 22(8): 809—830.
- [18] 韩其睿, 杨洪艳. 一种三维编织物表面参数自动测量方法[J]. 天津工业大学学报, 2006, 25(5): 1—2.
HAN Qi-rui, YANG Hong-yan. A Method of Measuring 3-D Braiding Perform Surface Parameters[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2006, 25(5): 1—2.