

# 一种基于深度数据的高斯模型运动目标检测方法

杨磊,任衍允,蔡纪源

(上海大学 机电工程与自动化学院 上海市电站自动化技术重点实验室,上海 200072)

**摘要:**鉴于目前基于图像的运动目标检测系统对目标场景光照条件非常敏感,文中提出一种基于 Kinect 深度数据曲率的单高斯模型运动目标检测方法,增强了系统对场景采集误差的鲁棒性。首先对深度数据进行中值滤波,利用单高斯模型对目标区域深度数据进行建模;在对目标场景实时采集数据与背景参数进行高斯概率门限值判别后,经过形态学滤波,达到了运动目标检测的目的。同时利用实时更新背景参数的方法提高模型适应场景变化的能力,并通过实验取得了良好的检测效果。

**关键词:**Kinect 深度数据;单高斯模型;运动目标检测;形态学滤波

中图分类号:TP301

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)09-0027-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.09.006

## A Gaussian Model Moving Target Detection Method Based on Depth Data

YANG Lei, REN Yan-yun, CAI Ji-yuan

(Shanghai Key Laboratory of Power Station Automation Technology, School of Mechatronics  
Engineering and Automation, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

**Abstract:** The moving target detection systems based on image processing are sensitive to the light conditions of target scene. Present a new single Gauss model moving target detection method based on Kinect depth data, which can enhance robustness of the system in scene collection error. First, median filtering is used to process depth data. Then the single Gauss model is established for the depth data of target scene. The Gauss probability threshold is used to discriminate the collecting data of target scene and background parameters. Moving target detection is achieved after morphological filtering. And real-time updating background parameters is a good way to make the model adapt to the change of scene. At last, experiments are performed. The proposed method has achieved well detection results.

**Key words:** Kinect depth data; single Gauss model; moving target detection; morphological filtering

### 1 概述

社会监控系统向着智能化、人性化不断发展的过程中,运动目标的检测与识别作为整个系统的重要组成部分,担负着向应用层提供决策依据的任务。其检测与识别的质量将直接影响到整个系统的稳定性与精确性。目前较典型的运动目标检测算法包括光流法、背景差分法、相邻帧差分法等<sup>[1-2]</sup>。光流法主要运用于摄像机运动的情况,但其算法复杂,难以满足运动目标检测对实时性的要求<sup>[3-4]</sup>。背景差分法主要采取对比实时目标场景及背景的方法检测运动目标。此外,还有统计直方图法、统计中值法、多帧图像平均法、选

择平均法等<sup>[5-6]</sup>。由于高斯模型具有实时更新背景信息机制,使其可有效地克服采集图像时微小抖动带来的背景信息偏差问题<sup>[7]</sup>。向日华等<sup>[8]</sup>也将高斯模型用在了距离图像分割中,其利用表面法向高斯混合模型的物理意义,结合 EM 算法实现了距离图像的分割,为目标检测提供理论基础。文献[9]利用高斯加权的卡方距离度量两个像素的相似性,又引入一种自适应的局部收缩因子完成脊椎 MR 图像的分割,克服了传统方法中常见的过分割和欠分割现象。

基于图像的运动目标检测方法受到目标场景光照变化、枝叶抖动等干扰因素的影响,容易造成前、背景

收稿日期:2014-10-27

修回日期:2015-01-27

网络出版时间:2015-08-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61005015);国家第三批博士后特别基金(201003280);上海市青年教师培育计划

作者简介:杨磊(1976-),男,博士后,副研究员,硕士生导师,研究方向为计算机视觉与模式识别、数字图像处理等;任衍允(1992-),男,硕士研究生,研究方向为计算机视觉与图像处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150826.1556.022.html>

点的误判,且图像不能提供目标场景的深度信息,无法反映运动目标在三维空间中的位置关系,限制了其在导航、避障等实际领域中的应用。为了避免目标场景扰动对运动目标检测的影响,基于深度数据检测运动目标的方法被提出。深度数据的获取包括:双目立体视觉法、结构光法等。随着深度数据的精度不断提高,深度数据在目标检测、三维重建、场景识别等领域得到广泛应用。文献[10]利用基于双目立体视觉的方法成功获取目标场景的深度信息,准确提取出火灾发生点的三维位置,为自动灭火系统提供了精确的火灾发生点定位信息。文献[11]从障碍物检测、地形分类等方面对移动机器人视觉系统进行了综述,指出利用双目立体视觉的识别结果可用于指导基于单目视觉的可通行区域分类,实现一种由近及远的机器人自监督学习技术。Kinect 是微软研发的基于双目视觉获取深度数据的传感器,由于采用了基于结构光的主动测量方式,使其具有不受光照、阴影等因素的干扰,且深度信息精确度达到了 3 mm,在目标检测与跟踪、行为分析等领域获得了广泛应用。文献[12]利用 Kinect 的 RGB-D 数据建立室内场景的 3D 图像,通过反复测量,得到目标场景的收敛结果。文献[13]利用 Kinect 深度数据与改进的卡尔曼滤波进行机器人避障时移动方向的预测和优化,实现了在不确定动态环境下的避障。文献[14]将 Kinect 深度数据应用于一种基于统计的局部地图更新方法,得到了目标区域障碍物的动态信息,该方法同时实现了测距噪声的消除,提高了障碍物测量的精确度。文献[15]提出了一种用在复杂停车环境的室内倒车障碍物检测系统,对于一般系统中难于解决的由于光照不均匀和颜色分割等带来的障碍物误判问题,随着 Kinect 深度数据的引入得到了很好的解决。文献[16]利用区域增长算法对 Kinect 采集到的深度数据进行提取后得到整个人物目标,该算法复杂度低、易于实现,但其假定人的脚必须呈竖直状态,否则其使用的  $F$  阈值滤波器将不能正确提取出人与地板间的轮廓,限制了该算法在实际中的应用。文献[17]提出了一种基于 Kinect RGB-D 自适应分割算法以及多层次的平面识别和障碍物检测算法,有效解决了基于颜色分割等带来的障碍物误判问题。

文中首先对 Kinect 采集的背景深度数据进行均值滤波,然后分别计算单高斯模型背景中每个像素点的均值和标准差,判断过程用实时采集的深度数据和背景数据进行差值对比,若其差值超出设定的门限值,则判定其为前景点,否则为背景点。对处理结果采用形态学滤波,可有效消除伪前景点,提高运动目标判断精确度。并使用背景参数更新策略完成模型对场景的动态适应,增加系统鲁棒性。

## 2 Kinect 深度数据的获取

Kinect 包含有一个红外线发射器和一个红外线 CMOS 摄像头,发射器和摄像头使用 Light Coding 深度测量技术获取目标区域的深度数据。Light Coding 技术属于结构光技术的一种,其使用的光源为“激光散斑”,是把激光照射到粗糙物体后形成的随机衍射斑点,这些斑点会随着距离的不同呈现不同的图案,通过对图案变化的统计,可以得到目标区域的深度数据。Kinect 提供了 640×480、320×240、80×60 三种分辨率的深度数据流,可以通过 DepthImageStream. DepthImageFormat 选择不同的分辨率格式。数据流中的每个像素都由两个字节组成,前 13 位记录像素的深度数据,后 3 位记录用户 ID,当像素点深度不在 Kinect 的测量范围之内时,深度数据被定义为 0。文中只需目标场景中的深度数据,所以在获取数据流后需要对像素深度值右移三位,位操作后的值是像素的实际深度测量值。

Kinect 采集到的深度数据对物体边缘的精确度不高,特别是目标场景中有玻璃介质时,深度信息畸变严重。为了增加深度数据的精确度,文中对三组深度数据利用式(1)表示均值滤波的方法进行平滑处理。

$$\text{Depth}(i, j) = \frac{1}{3} \sum_{n=1}^3 \text{Source}_n(i, j) \quad (1)$$

其中,  $\text{Source}(i, j)$  为采集到的深度数据;  $\text{Depth}(i, j)$  为滤波后的深度数据。

Kinect 采集频率为 30 fps,经过均值滤波后,完全满足运动目标检测的要求。

## 3 单高斯模型运动目标检测算法

高斯模型分为单高斯模型和混合高斯模型<sup>[6]</sup>。由于高斯模型能实时更新背景信息,可以有效克服背景动态变化、摄像机抖动等带来的测量噪声,且算法较低的计算复杂度使得高斯模型能应用在很多对响应速度要求较高的场合<sup>[8]</sup>。文中采用单高斯模型完成对运动目标的检测。

### 3.1 单高斯模型背景参数建立

单高斯模型属于背景差分法的一种,其原理是对每一个像素的深度数据建立高斯模型。首先要建立单高斯模型的背景信息,根据单高斯模型定义,背景信息包括均值  $\mu$  和标准差  $\sigma$  两参数。文中选取没有运动目标的 40 组深度数据按下式进行模型背景的训练。

$$\mu(i, j) = \frac{1}{40} \sum_{n=1}^{40} \text{Depth}_n(i, j) \quad (2)$$

$$\sigma(i, j) = \sqrt{\frac{1}{40} \sum_{n=1}^{40} [\text{Depth}_n(i, j) - \mu(i, j)]^2} \quad (3)$$

式中,  $\mu(i, j)$  为背景参数的均值;  $\sigma(i, j)$  为背景参数的标准差。

如图1(a)所示,文中选取的目标场景为走廊;(b)为未经过背景均值处理的原始采集深度数据图像;(c)为经过均值处理,将被用来作为运动目标检测的

背景均值数据图像。可以看出,经过处理之后的背景图像更加平滑,也起到了抑制散斑噪声的效果。

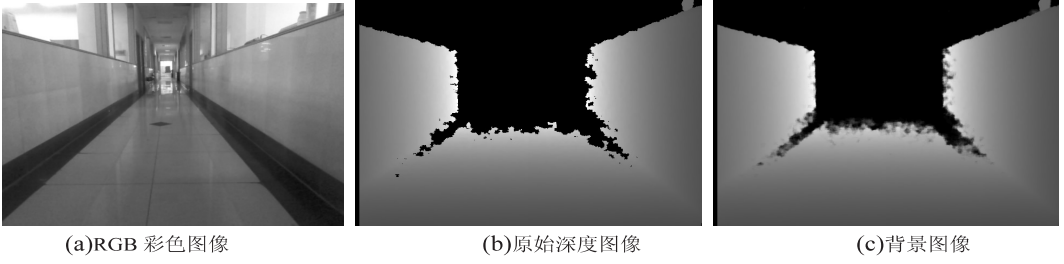


图1 背景建立示意

### 3.2 前景点及背景点判断

众所周知,摄像机的测量噪声满足高斯噪声,只要判断某像素点深度差值是否在高斯模型的门限 $\delta$ 之内,即可判断出该像素点是否为前景点。高斯分布在距离中心2.5倍标准差以外的比例非常小,因此常选2.5倍标准差作为门限值,如果实时采集的深度数据与背景均值的差值在门限值的范围内,判定该像素点为背景点,否则为前景点。

$$\delta(i,j) = 2.5\sigma(i,j) \quad (4)$$

$$\text{Ground}(i,j) =$$

$$\begin{cases} 0 & | \text{Depth}(i,j) - \mu(i,j) | < \delta(i,j) \\ 1 & | \text{Depth}(i,j) - \mu(i,j) | > \delta(i,j) \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu^{k+1}(i,j) = \begin{cases} \mu^k(i,j) \\ (1 - \alpha)\mu^k(i,j) + \alpha\text{Depth}(i,j) \end{cases}$$

$$\sigma^{k+1}(i,j) = \begin{cases} \sigma^k(i,j) \\ (1 - \beta)\sigma^k(i,j) + \beta [\mu^{k+1}(i,j) - \text{Depth}(i,j)]^2 \end{cases}$$

其中, $\alpha, \beta$ 分别为背景均值和标准差更新因子,更新因子根据背景环境变换程度选取。文中采用只对判定为背景点的像素点执行背景参数更新,被判定为前景点的像素点参数延用上一次更新的背景参数。更新的像素点参数中既包含原始数据,也包含最新采集数据,避免了可能出现的突变误差值对背景参数的影响。同时,在保证背景参数稳定的基础上,最大限度地适应场景的变化。

## 4 实验结果

文中采用场景为走廊,运动目标为篮球,Kinect 传

其中, $\text{Ground}(i,j)$ 为某一像素点是否为前景点的标记值,前景点标记值为1,背景点标记值为0。通过对前景点背景点的判断,可初步提取出检测场景中的运动目标,但由于Kinect本身的测量噪声及检测场景中地板和墙面对“激光散斑”有影响,导致了检测结果中大量伪前景点。要从初步检测结果中得到更加精确的检测结果,需要进行形态学滤波处理。

### 3.3 背景参数更新

为了使单高斯模型能更适应场景的变化,需要对模型参数实时更新。文中采用同时对均值和标准差更新的方式完成。

$$\begin{aligned} \text{Ground}(i,j) &= 1 \\ \text{Ground}(i,j) &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{Ground}(i,j) &= 1 \\ \text{Ground}(i,j) &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

传感器设置高度为1 m,向下倾斜。首先采集无运动目标的场景深度信息来建立背景参数,为了使参数更加准确,文中采用40幅图像来建立背景参数,图1显示背景建立结果。利用背景参数与实时采集的场景深度数据进行背景点和前景点的判断,由于场景反光严重,所以需经过形态学滤波增强前景点判断的精确度。使用背景均值和标准差同时更新的策略完成模型对场景的动态适应,更新时使用两个更新因子来完成。图2~4分别列出了篮球由近到远运动的三帧检测结果。由图可知,虽然实时采集的深度数据有较大的测量噪声,但通过文中算法可完成对篮球的精确目标检查。

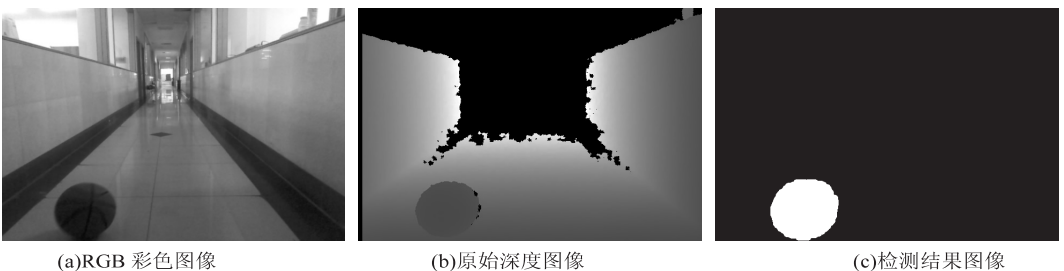


图2 检测结果(1)



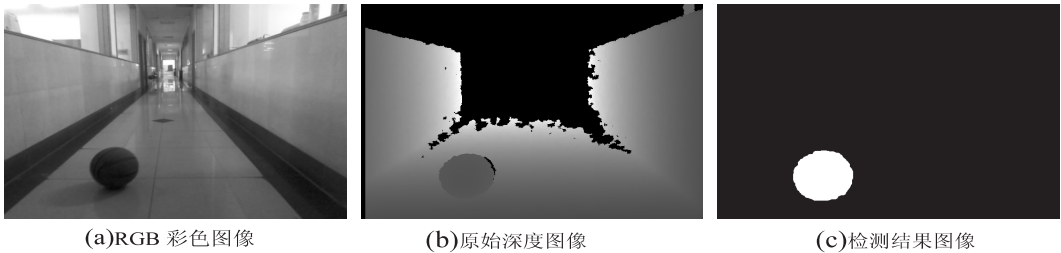


图 3 检测结果(2)

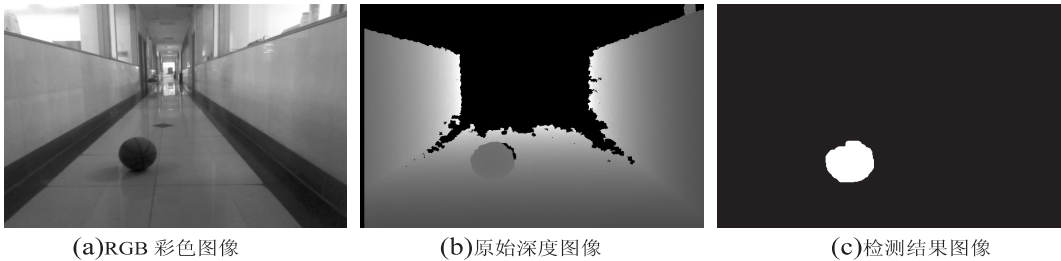


图 4 检测结果(3)

## 5 结束语

文中提出了一种基于 Kinect 深度数据的单高斯模型运动目标检测方法,通过实验取得了良好的效果。由于 Kinect 采用主动深度数据获取方式,使得该方法具有不受场景光照条件干扰的特性,这在许多光照变化频繁的场景中有很好的应用前景。但 Kinect 的最远测量距离只有 3.8 m,限制了其只能在较小的空间场景中使用,且深度数据的模糊性也会丢失很多物体边缘信息。单高斯模型符合摄像头采集误差规律,且算法简单,满足了实际检查过程中对实时性的要求。文中算法采用背景参数的更新因子的不变性使得参数更新策略单一,如何使更新因子能动态地适应场景的变化也是今后的研究方向之一。利用文中算法实现了运动目标的检测,为后续的运动目标跟踪打下了良好基础。如加入判断含有固定特征目标的识别算法,可根据文中算法实现对特定目标的跟踪,在安防系统、医疗、机器人等领域有广泛的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 王素玉,沈兰荪,李晓光.一种用于智能监控的目标检测和跟踪方法[J].计算机应用研究,2008,25(8):2393-2395.
- [2] Tsai D M, Lai S C. Independent component analysis based background subtraction for indoor surveillance [J]. IEEE Transactions on Image Processing,2009,18(1):158-167.
- [3] 胡觉晖,李一民,潘晓露.改进的光流法用于车辆识别与跟踪[J].科学技术与工程,2010,10(23):5814-5817.
- [4] Shang Ying,Liu Xiaohui,Wang Chang,et al. Research on optical fiber flow test method with non-intrusion[J]. Photonic Sensors,2014,4(2):132-136.
- [5] 陈凤东,洪炳铤.基于动态阈值背景差分算法的目标检测方法[J].哈尔滨工业大学学报,2005,37(7):883-884.
- [6] 梅娜娜,王直杰.基于混合高斯模型的运动目标检测算法[J].计算机工程与设计,2012,33(8):3149-3153.
- [7] Stauff C,Grimson W. Adaptive background mixture mod for real-time tracking [C]//Proceedings of IEEE conference on CVPR. Fort Collins,Corado,USA:IEEE,1999:246-253.
- [8] 向日华,王润生.一种基于高斯混合模型的距离图像分割算法[J].软件学报,2003,14(7):1250-1257.
- [9] 郑倩,卢振泰,陈超,等.基于邻域信息和高斯加权卡方距离的脊椎 MR 图像分割[J].中国生物医学工程学报,2011,30(3):357-362.
- [10] Song Tao,Tang Baoping,Zhao Minghang,et al. An accurate 3-D fire location method based on sub-pixel edge detection and non-parametric stereo matching[J]. Measurement,2014,50:160-171.
- [11] 朱效洲,李宇波,卢惠民,等.基于视觉的移动机器人可行区域识别研究综述[J].计算机应用研究,2012,29(6):2009-2013.
- [12] Henry P,Krainin M,Herbst E,et al. RGB-D mapping: using Kinect-style depth cameras for dense 3d modeling of indoor environments[J]. International Journal of Robotics Research,2012,31(5):647-663.
- [13] 张毅,蒋翔,罗元,等.基于深度图像的移动机器人动态避障算法[J].控制工程,2013,20(4):663-666.
- [14] 贺超,刘华平,孙富春,等.采用 Kinect 的移动机器人目标跟踪与避障[J].智能系统学报,2013,8(5):426-432.
- [15] Choi J,Kim D,Yoo H,et al. Rear obstacle detection system based on depth from Kinect [C]//Proc of 15th international IEEE conference on intelligent transportation systems. [s. l.]:[s. n.],2012:98-101.
- [16] 黄露丹,严利民.基于 Kinect 深度数据的人物检测[J].计算机技术与发展,2013,23(4):119-121.
- [17] 刘宏,王喆,王向东,等.面向盲人避障的场景自适应分割及障碍物检测[J].计算机辅助设计与图形学学报,2013,25(12):1818-1825.

# 一种基于深度数据的高斯模型运动目标检测方法

作者：[杨磊](#)，[任衍允](#)，[蔡纪源](#)，[YANG Lei](#)，[REN Yan-yun](#)，[CAI Ji-yuan](#)  
作者单位：[上海大学 机电工程与自动化学院 上海市电站自动化技术重点实验室, 上海, 200072](#)  
刊名：[计算机技术与发展](#)[ISTIC](#)  
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)  
年，卷(期)：2015(9)

引用本文格式：[杨磊](#).[任衍允](#).[蔡纪源](#).[YANG Lei](#).[REN Yan-yun](#).[CAI Ji-yuan](#) [一种基于深度数据的高斯模型运动目标检测方法](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(9)