

基于鱼眼镜头的运动目标跟踪

朱均超, 刘娜, 张宝峰

(天津理工大学 天津市复杂系统控制理论及应用重点实验室, 天津 300384)

摘要:针对运动目标在普通镜头下跟踪视角小,以及在复杂背景下容易丢失的问题,提出了一种基于鱼眼镜头的改进 Mean-shift 算法。首先通过 SIFT 算法提取运动目标初始帧,利用卡尔曼滤波算法预测下一帧运动目标位置,进而采用改进的 Mean-shift 算法进行运动目标的跟踪。实验结果表明利用鱼眼镜头配合本文改进的 Mean-shift 算法具有良好的跟踪效果,与传统的跟踪方法相比具有大广角、实时性、鲁棒性、准确性等特点。

关键词:运动目标跟踪;SIFT 算法;鱼眼镜头;卡尔曼

中图分类号:TP391 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2013.07.026

Moving target tracking based on the fish-eye lens

ZHU Jun-chao, LIU Na, ZHANG Bao-feng

(Tianjin Key Laboratory for Control Theory & Applications in Complicated
Industry Systems, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384)

Abstract: With normal lens for moving target tracking, the FOV is small and it is easy to lose the target under complicated background. To solve the problems, an improved mean-shift algorithm based on the fish-eye lens is put forward. Firstly the moving target's initial frame is extracted by using SIFT algorithm, then the next frame with target's location is forecasted by using the Kalman filtering algorithm, finally the object is tracked by using improved Mean-shift algorithm. The result proves that this improved mean-shift algorithm based on fish-eye lens has good tracking performance, compared with the traditional tracking method. It has the characteristics of wide FOV, real-time, robustness and good accuracy etc.

Key words: moving target tracking; SIFT algorithm; fish-eye lens; Kalman

1 引言

运动目标跟踪是计算机视觉领域中的一个研究热点^[1]。目前大部分机器视觉系统利用普通镜头获取的图像观测范围一般是在 $40^\circ \sim 50^\circ$, 仅用一个镜头不能采集到周围全部信息, 使观察范围受限, 选用鱼眼镜头来进行运动目标的跟踪可以获得大范围的视觉场景。但是, 鱼眼镜头所呈的图像存在较大的畸变, 利用 SIFT 算法^[2]对图像旋转、尺度缩放不变性, 在保证 Mean-shift 算法精度的基础上同时也使观察范围扩大到了 185° 。在跟踪过程中存在运动目标与背景颜色相近以及被遮挡的问题, Mean-shift 算法缺少对运动目标的预测功能, 易导致目标跟踪的丢失。为解决上述问题, 本文利用 SIFT 算法

来确定初始帧的位置, Mean-shift 算法结合卡尔曼滤波器来跟踪后续帧中目标的位置, 利用卡尔曼滤波器在当前帧中预测运动目标的位置, 依据目标颜色分布特征由 Mean-shift 算法在预测的邻域内搜索与目标相匹配的对象。有效地解决了背景颜色相近及遮挡的问题。目标的跟踪在安防、军事等方面都有着广阔的应用前景。

基金项目:国家自然科学基金项目(61172185), 天津市高等学校科技发展基金项目(20100705)资助。

作者简介:朱均超(1972-), 男, 副教授, 硕士生导师, 博士, 主要从事视觉检测, 嵌入式系统及图像处理等方面的工作。E-mail: zhujunchao@sina.com

收稿日期:2013-01-10

2 鱼眼镜头成像特点分析

图1为鱼眼镜头的成像模型,其中 P 为三维场景中的一点; Z 表示空间点 P 与投影面间的垂直距离; R 表示点 P 与鱼眼镜头中心点 O 间的水平距离; ω 表示点 P 相对于镜头中心点 O 的入射角; θ 表示点 P 在摄像机坐标系下的方位角; P' 是空间点 P 在成像面上的投影点; r 表示像点与图像中心点 O' 间的径向距离; Θ 表示像点在图像物理坐标系下的方位角。根据等距投影原理可得:

$$r = kf\omega \quad (1)$$

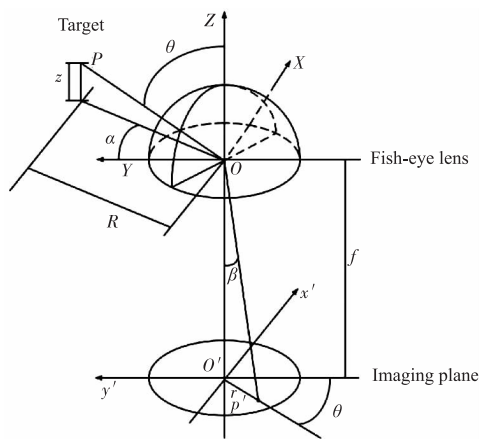


图1 鱼眼摄像机的成像模型图

Fig. 1 model of fish eye-lens image system

鱼眼镜头的诞生,扩大了常规镜头的视场,但这种成果的实现是通过压缩采集图像,引入形变实现的,所以在众多鱼眼镜头成像模型中选择适合的成像公式如下:

$$\begin{cases} y_0' = 2f \tan(\omega/2) \\ y_0' = kf\omega \\ y_0' = 2f \sin(\omega/2) \\ y_0' = f \sin \omega \end{cases} \quad (2)$$

式(2)为四种投影成像规律,每种投影规律都具备相应的“桶形”畸变量,其曲线如图2所示。

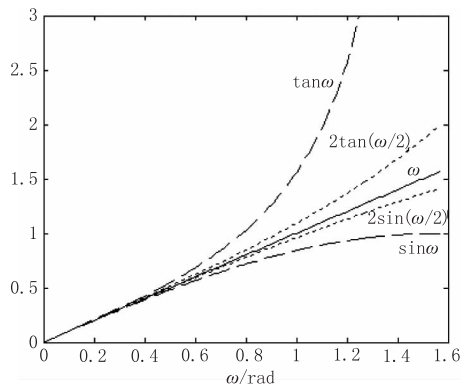


图2 鱼眼镜头成像模型曲线图

Fig. 2 model curve of Fisheye lens imaging

其中, $\tan \omega$ 为高斯光学的理想成像关系,曲线与其差值就表示各自所能引入的桶形畸变量的大小,它们通过对图像进行不同程度的变形压缩以确保在物空间获得预期的立体角覆盖。畸变使得图像发生变形,但其清晰度不会受到影响,原因是光学系统产生的畸变大小是由主光线的行径决定的。从数学角度的来讲,图像的形变不能影响物与像直接的映射关系,为非相似思想的正确性和可行性提供了保证。

3 跟踪算法

3.1 Mean-shift 跟踪算法

Mean-shift 算法^[3]是一种半自动跟踪方法,通过求相似函数最大得到关于对象的 Mean-shift 向量,由于其算法的收敛性,通过迭代,最终收敛到对象的真实位置,达到跟踪的目的。采用直方图作为目标模式,用色彩分布来描述物体,简要过程如下:

1) 初始帧对象模型

设物体中心位于 x_0 ,则物体的加权颜色直方图可表示为:

$$\hat{q}_u = C \sum_{i=1}^n k \left(\frac{\|x_i - x_0\|^2}{h} \right) \delta[b(x_i) - u] \quad (3)$$

其中

$$C = \frac{1}{\sum_{i=1}^n k \left[\frac{\|x_i - x_0\|^2}{h} \right]} \quad (4)$$

2) 第 N 帧模型

$$\hat{p}_u(y) = C \sum_{i=1}^n k \left(\frac{\|x_i - y\|^2}{h} \right) \delta[b(x_i) - u] \quad (5)$$

3) 相似性函数

Bhattacharyya 系数是 Mean-shift 算法中优于其他相似性函数的一种选择。其定义为:

$$\hat{\rho}(y) = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{q}_u \hat{p}_u(y)} \quad (6)$$

其中, m 为特征直方图的色阶数。

4) Mean-shift 向量

为了计算 Bhattacharyya 系数 $\rho[p, q]$ 的最大值,搜索过程使用均值漂移算法。步骤如下

(1) 寻找新的中心点,计算权值

$$w_i = \sum_{u=1}^m \delta[b(x_i) - u] \sqrt{\frac{\hat{q}_u}{\hat{p}_u(y)}} \quad (7)$$

(2) 计算新的中心点下一个位置

$$\hat{y} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i g \left(\left\| \frac{x_i - y}{h} \right\|^2 \right)}{\sum_{i=1}^n w_i g \left(\left\| \frac{x_i - y}{h} \right\|^2 \right)} \quad (8)$$

(3) 计算

$$\hat{p}_u(\hat{y}) = C \sum_{i=1}^n k \left(\left\| \frac{\hat{y} - x_i}{h} \right\|^2 \right) \delta[b(x_i) - u] \quad (9)$$

(4) 计算新的中心点所在区域与前一帧模板的相似度

$$\hat{\rho}(\hat{y}) = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{q}_u \hat{p}_u(\hat{y})} \quad (10)$$

(5) 比较 $\hat{\rho}(y)$ 和 $\hat{\rho}(\hat{y})$

$$\text{若 } \hat{\rho}(\hat{y}) < \hat{\rho}(y), \text{ 则 } \hat{y} = \frac{(\hat{y} + y)}{2}. \quad (11)$$

如果 $\|y - \hat{y}\| < \varepsilon$ 则停止计算; 否则将 $\hat{y}$ 赋给 y , 回到第一步, 寻找满足条件的中心点。

3.2 改进的 Mean-shift 算法

经典的 Mean-shift 算法以直方图作为目标模式, 在简单背景下可以得到较好的跟踪效果, 但是在噪声较大运动目标移动较快的情况下, 容易造成跟踪目标丢失。而 SIFT 算法的优势在于具有旋转、尺度缩放不变性, 能够适应一定的亮度变化。因此我们选用 SIFT 算法来读取第一帧图像。Zhou^[4]提出了一种结合 SIFT 特征和 Mean-shift 的目标跟踪算法, 该算法中用 SIFT 和 Mean-shift 的高斯线性相加来计算目标的概率密度函数, 在用期望最大值的方法来确定跟踪窗口的位置。

基于 SIFT 算法的初始帧提取, 其流程如图 3 所示。

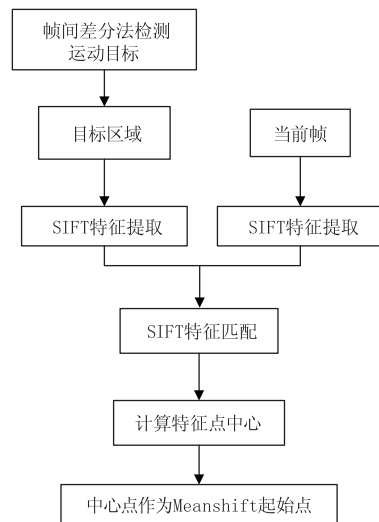


图3 基于 SIFT 算法的初始帧提取步骤图

Fig. 3 the steps of initial frame extraction based on SIFT algorithm

利用 SIFT 算法提取运动目标初始帧具有很大优势, 把 SIFT 特征匹配点当作 Mean-shift 算法的窗口搜索的初始帧, 能够避免进入 Mean-shift 算法^[5]中的误极值点, 使目标跟踪的精度得到提高。

Kalman 滤波器具有预测运动目标位置的特点, 将其与 Mean-shift 算法相结合可以有效地解决运动

目标遮挡, 背景颜色相近以及运动位置的预测^[6]等问题。使得目标跟踪的抗干扰能力得到了提高。

改进的 Mean-shift 算法过程为: 首先是利用 SIFT 算法读取第一帧, 找出初始帧中运动目标的位置, 然后进行初始帧的建模, 读取下一帧, 用 Kalman 滤波器预测的下一帧的位置作为 Mean-shift 算法的起始帧, Mean-shift 算法在此位置的邻域内搜索对象的中心点, 得出目标的位置参数, 将其返回 Kalman 滤波器中, 用来预测目标的下一位置。改进的 Mean-shift 算法利用了前一帧目标的位置信息, 极大的增强了运动目标的跟踪效果。

算法主要步骤如下:

(1) 运动目标的检测

实验系统为摄像机静止——目标运动, 采用帧间差分法对运动目标进行检测。具体的过程如下: 首先在初始帧用帧间差分法检测运动目标, 在没检测到运动目标之前等待, 继续用帧间差分法检测运动目标, 将第一次检测到的运动目标作为实验中要跟踪的目标。

(2) SIFT 算法读取第一帧

如图 4 所示, 先分别对当前帧图像和目标区域提取 SIFT 特征, 然后再对 SIFT 特点进行匹配, 假设在当前帧中得到 n 个特征点, 各自在图像上的坐标为 (x_i, y_i) , 然后计算这些特征点的中心点:

$$x_{center} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, y_{center} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (12)$$

(3) 检测并标记运动目标。采用先进先出的原则, 将新目标标记为 0, 就目标物依次加一。目标物连续几帧中标记号是唯一的, 运动目标在视频窗口中消失的同时标记号也随之消除。依据标记号建立目标物的 Kalman 滤波模型, 实现对目标物的预测。

(4) 在采集的帧序列中, 利用 Kalman 滤波器在当前帧中预测运动目标的位置, 采用 Mean-shift 算法^[7]依据目标颜色分布特征, 在预测的邻域内搜索与目标特征相匹配的目标。

(5) 将计算的结果赋予 Kalman 滤波器进行状态的更新, 从而成功预测下一帧图像, 同时输出显示 (4) 中的计算结果, 且将目标的标记号显示出来。

(6) 判断运动目标在视频窗口中的位置, 若超出窗口范围, 撤销标记号, 同时撤销 Kalman 滤波模型, Mean-shift 算法不对运动目标进行处理, 否则, 循环上述处理步骤, 直至视频读取结束。

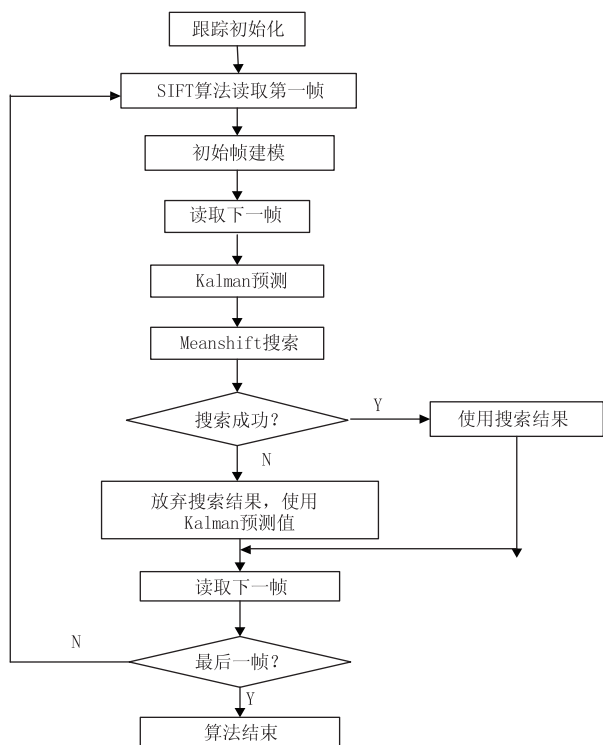


图 4 运动目标跟踪算法流程图

Fig. 4 flow chart of moving target tracking algorithm

4 跟踪实验结果

实验中视频由数字彩色摄像 PIA640 - 210gm 采集, 每秒 210 帧分辨率为 648×488 。鱼镜头摄像机距被跟踪目标的垂直距离为 $(0.4 \pm 0.02) \text{ m}$ 。其中跟踪目标在图像 180 ~ 240 帧中被遮挡。选取几帧连续的视频序列对算法的效果进行测试。

质心跟踪结果如表 1 所示。

表 1 模版匹配法和 Mean-shift 法质心跟踪结果

序号	目标质心	经典匹配	改进 Mean-shift
1	(120, 180)	(121, 182)	(120.34, 179.82)
2	(120, 180)	(119, 181)	(120.46, 180.12)
3	(120, 180)	(120, 181)	(119.94, 179.62)
4	(120, 180)	(122, 180)	(120.64, 179.95)
5	(120, 180)	(121, 179)	(120.00, 179.62)
6	(120, 180)	(120, 182)	(119.65, 180.53)

从表 1 中可以看出, 经典的 Mean-shift 算法对目标的质心跟踪结果误差较大, 而改进的 Mean-shift 算法的跟踪定位能力较强。

图 5 ~ 图 7 为选取的几帧跟踪结果。



图 5 经典的 Mean-shift 算法跟踪结果

Fig. 5 tracking results of classical Mean-shift algorithm

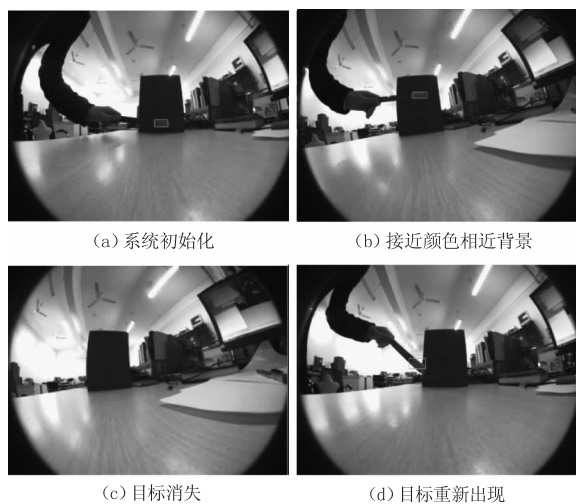


图 6 改进的 Mean-shift 算法在背景颜色相近情况下的跟踪结果

Fig. 6 tracking results of improved Mean-shift algorithm in the close background color

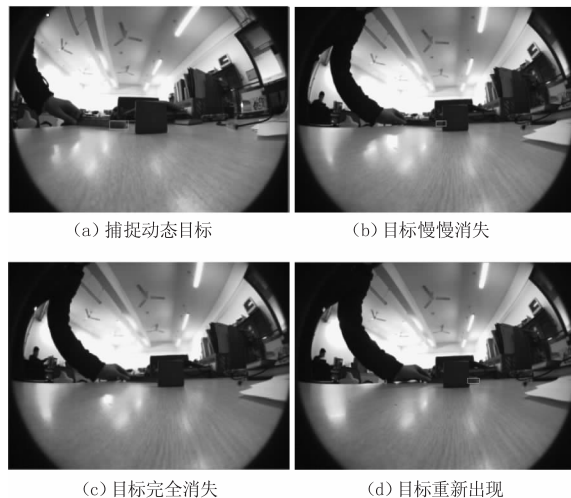


图 7 改进的 Mean-shift 算法在遮挡情况下的跟踪结果



图 7 改进的 Mean-shift 算法在遮挡情况下的跟踪结果

Fig. 7 tracking results of improved Mean-shift algorithm under occlusion

对图 5 ~ 7 的结果进行对比可以看出, 经典的 Mean-shift 算法跟踪结果误差较大, 易导致目标的丢失, 而改进的均值漂移方法表现出较好的抗遮挡能力, 在颜色相近的情况下也能很好地进行跟踪。因此, 跟踪方法能够满足实时跟踪的要求。

5 总结

本文在均值滤波的基础上, 结合 SIFT 算法和卡尔曼滤波, 基本解决了背景相近的干扰、运动目

标遮挡以及运动位置预测等问题,一定程度上增强了算法的抗干扰能力,同时采用鱼镜头跟踪运动目标扩大了视场角的范围。在安防、监控等方面具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] Li Guquan, Chen Zhongze. Research situation and the outlook visual tracking technology[J]. Computer application research, 2010, 8 (27): 2815 - 2818 (in Chinese)
李谷全, 陈忠泽. 视觉跟踪技术研究现状及展望[J]. 计算机应用研究, 2010, 8 (27): 2815 - 2818.
- [2] Ma Chaojie, Guan Ping, Li Ruiwang. Image automatic mosaic method based on phase and SIFT feather correlation [J]. Laser & Infrared, 2011, 41 (4): 470 - 473 (in Chinese)
马超杰, 关平, 李瑞旺, 等. 结合相位和 SIFT 特征相关的图像自动配准算法[J]. 激光与红外, 2011, 41 (4): 470 - 473.
- [3] Kang Yimei, Xie Wandong, Hu Jiang, et al. Mean shift tracking algorithm of target scale adaptive [J]. Journal of modernization, 2011, 2 (32): 210 - 216 (in Chinese)

康一梅, 谢晚冬, 胡江, 等. 目标尺度自适应的 Mean Shift 跟踪算法[J]. 兵工学报, 2011, 2 (32): 210 - 216.

- [4] Zhou H, Yuan Y, Shi C. Object tracking using SIFT words and meanshift [J]. Computer Vision and Image Understanding, 2009, 113 (3): 345 - 352.
- [5] Jiao Binliang, Fan Manman. Research on the multi-source remote sensing image registration based on the improved algorithm of SIFT [J]. Laser & Infrared, 2011, 41 (12): 1383 - 1386. (in Chinese)
焦斌亮, 樊曼曼. 基于改进 SIFT 算法的多源遥感影像配准研究 [J]. 激光与红外, 2011, 41 (12): 1383 - 1386.
- [6] Lu Ying, Guo chengjiao. Estimation-correction scheme based articulated object tracking using SIFT features and mean sift algorithm [C]. International Conference on New Trends in Information Science and Service Science, 2010, 12: 275 - 280.
- [7] Li Yinghong, Pang Yigui, Li Zhexi, et al. An intelligent tracking technology based on kalman and mean shift algorithm [C]. International Conference on Computer Modeling and Simulation, 2010, 1: 107 - 109.

CASTECH[®]

福晶科技

全球专业的激光晶体和非线性光学晶体制造商

产品系列

晶体

1. 非线性光学晶体
2. 激光晶体
3. 绿光、蓝光晶体组件
4. 闪烁晶体
5. 声光和电光晶体
6. 双折射晶体
7. 磁光晶体

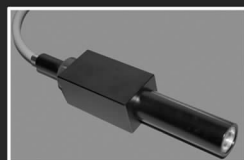
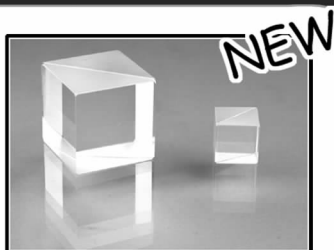
二、精密光学元件

1. 球面和柱面透镜
2. 反射镜、棱镜、窗片
3. 波片、偏振元件
4. IBS, IAD高损伤阈值镀膜

三、光通讯器件

1. 标准具
2. 光隔离器
3. 光准直器
4. 电光Q开关
5. 温控炉 (仪)

光胶偏振分光棱镜 PBS



1064nm高功率光隔离器

1. 高隔离度
 2. 低插入损耗及偏振相关损耗
 3. 高回波损耗
- 适合于高功率光纤激光器及光纤放大器应用, 并有自由空间型、光纤到自由空间型、准直光束输出型等三种型号可选。



LBO晶体



Nd:YVO₄ 晶体



光学产品