

基于特征点检测与光流法的运动目标跟踪算法

陈 戈 董明明

(陕西交通职业技术学院 西安 710018)

摘 要: 为了解决当前运动目标跟踪算法在背景模型复杂和目标特征不明显的情况下,导致算法跟踪能力不足的问题,本文分别从特征点检测与光流法分析的角度出发,提出了基于特征点检测与光流法的运动目标跟踪算法。首先,根据图像梯度矩阵最小特征值,通过仿射变换,精确化特征点帧间匹配,排除伪特征点,达到精准检测运动目标特征点的目的。然后,基于图像像素守恒原理,进行 2 幅图像间变形评估,建立图像约束方程,进一步精确跟踪运动目标。最后,基于软件开发环境 QTcreator 实现算法,并系统集成。实验测试结果显示:与当前运动目标跟踪技术相比,本文算法拥有更高的准确性与稳定性。

关键词: 目标跟踪;特征点检测;光流法;帧间匹配;仿射变换

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.2040

Moving object tracking algorithm based on feature point detection and optical flow

Chen Ge Dong Mingming

(Shaanxi College of Communication Technology, Xi'an 710018, China)

Abstract: In order to solve the current moving object tracking algorithm in complex background model and target characteristics is not obvious, lead to the problem of insufficient algorithm tracking ability, this paper respectively from the feature point detection and the perspective of optical flow method, is proposed based on feature point detection and optical flow method of moving object tracking algorithm. First of all, according to the minimum image gradient matrix eigenvalue, by affine transformation, accurate feature points matching between frames, eliminate the false feature points and achieve the purpose of accurately detecting moving target feature points. Then, based on image pixel conservation principle, the deformation between two image assessments, establish image constraint equations, further precise tracking moving targets. Finally, based on the software development environment QTcreator algorithm, and system integration. Test results show that compared with the current motion target tracking technology, the algorithm has higher accuracy and stability.

Keywords: target tracking; feature point detection; optical flow method; matching between frames; affine transformation

0 引 言

运动目标跟踪在军事制导、视觉导航、机器人、智能交通、公共安全等领域有着广泛的应用^[1-2]。运动目标跟踪主流算法大致为:背景差跟踪、主动轮廓跟踪、稀疏光流跟踪等^[3-4]。然而本研究对象是背景复杂,特征微弱的电动车运动目标,在此背景下,本文展开针对电动车运动目标跟踪研究。

在运动目标跟踪方面,国内研究人员已经取得了一定研究成果,如王妍^[5]提出结合运动方程与卡尔曼滤波的动

态目标追踪预测算法,提出了 1 种结合运动方程与卡尔曼滤波的动态目标追踪预测算法 ME-KF,通过运动方程模拟动态目标运动特性,利用卡尔曼滤波来减小干扰噪声对测量结果的影响,并预测下一时刻的目标位置。但是,此技术未充分考虑复杂背景的干扰,往往影响了跟踪准确性。茅正冲等人^[6]提出了几何活动轮廓模型在目标跟踪系统,提出了一种基于混合高斯模型和改进的 C-V(Chan-Vese)模型相结合的新方法,其中采用了混合高斯模型算法更新背景,检测出运动目标轮廓;然后对提取出的目标轮廓进行后处理,标定出运动目标的质心和运动区域;将运动区域作为

初始化曲线,用改进的 C-V 模型对运动目标进行拟合。然而,这种技术过度依赖先验参数,且未考虑目标特征不明确性,往往不能达到准确跟踪的目的。

为了增强算法跟踪准确度,本文根据图像梯度矩阵最小特征值,采用放射变换,达到运动目标特征点检测的目的。然后综合图像像素守恒原理和图像约束方程,引入光流检测,完成运动目标跟踪。

1 本文运动目标跟踪算法

本文运动跟踪算法专门针对电动车,对其进行实时跟踪识别,用于系统监控,为后续异常行为检测做好目标跟踪准备。

跟踪目标特征不明显,且背景复杂多变,目标位置分布随机,目标背景视野广,夹杂大量不同干扰。首先,读取视频采集器的源数据流,并且分解为每帧图像,形成图像帧序列。然后计算图像梯度矩阵最小特征值,进行仿射变换,匹配最优特征点,去除伪特征点,完成运动目标精确检测。基于图像像素守恒原理,进行两幅图像间变形评估,建立图像约束方程,进一步精确跟踪运动目标。最后进行功能测试和稳定性测试,实验验证本系统算法,本文算法流程如图 1 所示。待处理图像如图 2 所示,可见电动车运动目标特征具有不确定性,且分布随机,背景复杂。

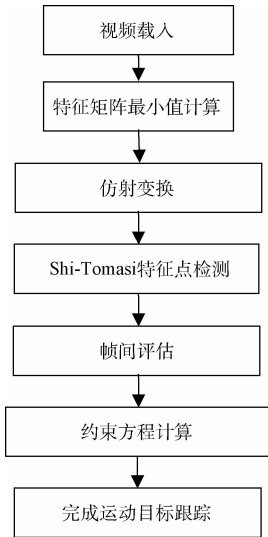
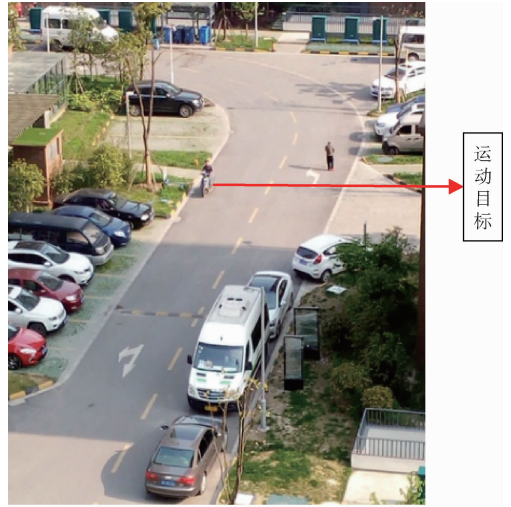


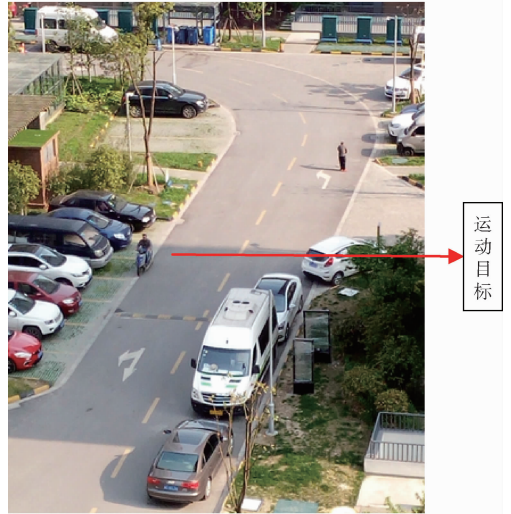
图 1 本文图像算法过程

1.1 基于 Shi-Tomasi 的特征点检测

准确稳定进行运动目标跟踪的前提是目标特征点检测,而特征点具有不明显性,同时伴有背景复杂干扰性,本研究基于 Shi-Tomasi,设计出特征点检测算子。将仿射变换引入 Shi-Tomasi,通过牛顿-拉夫逊方法来估计图像仿射变换的方法,使用了同 KLT 一致的平移运动来估计块的运动,因为实际上如果帧间运动比较小的情况下,随着图像帧的推进,可以简单地将图像运动视为如下公式^[7-8]:



(a) 待处理原图



(b) 待处理原图

图 2 待追踪目标

$$I(x, y, T+t) = I(x+\epsilon, y+\eta, T) \quad (1)$$

式中: I 代表图像, x, y 代表横、纵坐标, T 代表时间。

接着仿射变换:

$$\delta = (\epsilon, \eta) = \begin{bmatrix} d_{xx} & d_{xy} \\ d_{yx} & d_{yy} \end{bmatrix} \cdot (x, y) \quad (2)$$

为了特征不相似性程度最小,建立如下特征点检测方程:

$$I(x, y) = \iint [I(x+\mathbf{D}) - I(x)] \mathbf{D}(x) dx \quad (3)$$

式中: \mathbf{D} 代表仿射矩阵, I 的值可以求出来的,然后就能估计 \mathbf{D} 的值,这里通过牛顿迭代法获得比较精确的值^[9-10],进一步仿射化处理:

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} d_x^2 & d_x d_y \\ d_x d_y & d_y^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

\mathbf{D} 值最小处代表图像灰度梯度矩阵最小值,即运动目

标特征点坐标,由此进行全局图像运动特征点检测,处理图 2(a)、2(b),输出图 3(a)、图 3(b)。可见,本文算法的特征点检测准确。



图 3 两幅不同时刻的运动目标角点检测结果

1.2 基于光流法的运动目标跟踪

得到运动目标特征点后,本研究采用光流法,完成运动目标跟踪。光流是运动模式,指的是一个物体在一个视角下由一个观察者和背景之间形成的明显移动;二维图像的移动相对于观察者而言是三维物体移动的在图像平面的投影,有序的图像可以估计出二维图像的瞬时图像速率或离散图像转移^[11-15]。光流法评估了 2 幅图像的之间的变形,基本假设是图像像素守恒;计算两帧在时间 T 到 $T+t$ 之间每个像素点位置的移动,基于图像信号的泰勒级数,这就是对于空间和时间坐标使用偏导数^[18]。

$$I(x+dx, y+dy, t+dt) = I(x, y, t) + \frac{\partial I}{\partial x}dx + \frac{\partial I}{\partial y}dy + \frac{\partial I}{\partial t}dt \quad (5)$$

式(15)代表图像约束方程,根据图像像素守恒,接着变换公式如下:

$$0 = \frac{\partial I}{\partial x}dx + \frac{\partial I}{\partial y}dy + \frac{\partial I}{\partial t}dt \quad (6)$$

这个方程有 3 个未知量,尚不能被解决,光流算法是 1 个非迭代的算法,为了解决这个超定问题,采用最小二乘法^[10]:

$$\begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{12} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial I}{\partial x} \\ \frac{\partial I}{\partial y} \\ \frac{\partial I}{\partial t} \end{bmatrix} = 0 \quad (7)$$

式中: d 矩阵代表光流模型参数,后续实验中详细给出。最后采用本研究算法,准确定位运动目标。采用本节算法,结合上节特征点检测结果,处理图 2(a)、(b),得到跟踪定位结果如图 4 所示。



图 4 运动目标追踪结果

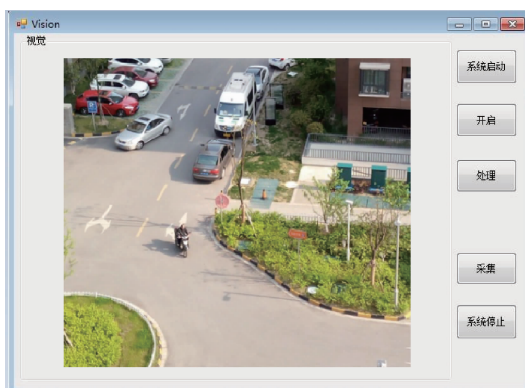
2 实验与讨论

为了体现本文算法的优势,将跟踪性能较好的技术文献[3]、文献[4]设为对照组,本文系统基于 QT 平台开发实

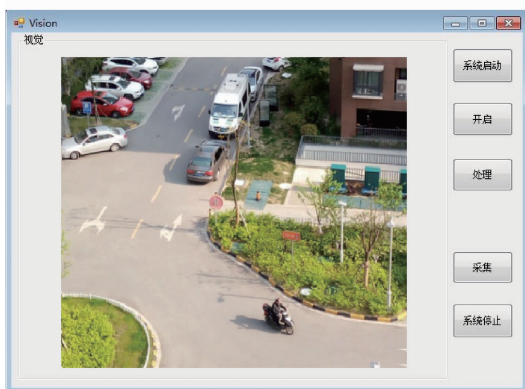
现,算法实验参数如: $d_{11}=1.251, d_{21}=2.704, d_{31}=4.226, d_{21}=6.858, d_{22}=0.570, d_{23}=1.776, d_{31}=2.093, d_{32}=4.087, d_{33}=1.023$ 。

不同帧的待跟踪图像如图 5 所示,运动目标特征微弱,背景复杂,本研究基于 Shi-Tomasi 进行特征点检测,如图 6 所示,可见本研究运动目标特征点检测正确,根据运动方程约束和光流法分析,进一步准确定位运动目标位置,如图 7 所示,可见本研究运动目标跟踪正确。

而利用对照组文献[3]技术,利用卡尔曼滤波来减小干扰噪声对测量结果的影响,并预测下一时刻的目标位置。但是,此技术未充分考虑复杂背景的干扰,往往影响了跟踪



(a) 第48帧运动目标



(b) 第49帧运动目标

图 5 不同时刻的待追踪目标



(a) 第48帧运动目标特征点检测



(b) 第49帧运动目标特征点检测

图 6 运动目标的特征点检测结果



(a) 第48帧运动目标追踪定位结果

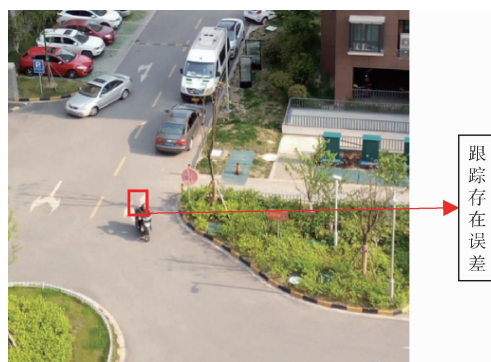


(b) 第49帧运动目标追踪定位结果

图 7 本文算法的运动目标的追踪定位结果

准确性。以此技术处理图 5,跟踪结果如图 8 所示,可见跟踪存在失误。

利用对照组文献[4]技术,采用了混合高斯模型算法更新背景,检测出运动目标轮廓;然后对提取出的目标轮廓进行后处理,标定出运动目标的质心和运动区域;将运动区域作为初始化曲线,用改进的 C-V 模型对运动目标进行拟合。然而,这种技术过度依赖先验参数,且未考虑目标特征不明确性,往往不能达准确跟踪的目的。以此技术处理图 5,跟踪结果如图 9 所示,可见跟踪结果存在失误。

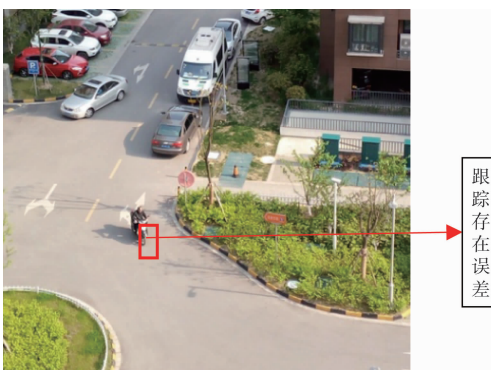


(a) 第48帧运动目标追踪定位结果



(b) 第49帧运动目标追踪定位结果

图 8 文献[3]算法的运动目标的追踪定位结果



(a) 第48帧运动目标追踪定位结果



(b) 第49帧运动目标追踪定位结果

图 9 文献[4]算法的运动目标的追踪定位结果

3 结 论

为了解决当前运动目标跟踪算法在背景模型复杂和目标特征不明显的情况下,导致算法跟踪能力不足的问题,分别从特征点检测与光流法分析的角度出发,提出了基于特征点检测与光流法的运动目标跟踪算法。根据仿射变换,排除伪特征点,达到精准检测运动目标特征点的目的。然后,基于图像像素守恒原理,进行两幅图像间变形评估,建立图像约束方程,达到准确跟踪目标的目的。实验结果表明,本文运动目标跟踪算法具有更高准确度。

参考文献

- [1] KHAKPOUR S, PAZZI R W, EL-KHATIB K. Using clustering for target tracking in vehicular AD Hoc networks[J]. Vehicular Communications, 2017, 14(7): 136-142.
- [2] 汪济洲, 鲁昌华, 蒋薇薇. 一种基于嵌入空间的防遮挡的多目标跟踪算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(2): 318-322.
- [3] LI ZH ZH, LI J N, GE F Z. Moving target tracking algorithm based on particle discriminative sparse representation[J]. Infrared Physics and Technology, 2016, 75(9): 100-106
- [4] 谢英红, 庞彦伟, 韩晓. 基于 Grassmann 流形和投影群的目标跟踪[J]. 仪器仪表学报, 2016, 17(5): 1140-1147.
- [5] 王妍. 结合运动方程与卡尔曼滤波的动态目标跟踪预测算法[J]. 计算机科学, 2015, 13(21): 71-76.
- [6] 茅正冲, 徐昊, 王丹. 几何活动轮廓模型在目标跟踪中的应用[J]. 计算机工程与应用, 2015, 51(13): 176-180.
- [7] YE Q, ZHANG Y M. Moving object detection and tracking algorithm based on background subtraction[J]. Applied Mechanics & Materials, 2013(266): 2211-2216.
- [8] 吴坤, 王小华, 姚金良. Shi-Tomasi 角点区域的拷贝图像检测[J]. 中国计量学报, 2014, 25(3): 263-267.
- [9] 席志红. 复杂运动情况下的多目标检测与追踪[J]. 计算机测量与控制, 2015, 16(4): 181-185.
- [10] 任露, 黄颖为. 基于牛顿迭代法的分形图像研究[J]. 西安理工大学学报, 2016, 32(2): 247-252.
- [11] HUANG L, SONG J, ZHANG M, et al. Optical flow based guidance system design for semi-strapdown image homing guided missiles[J]. Applied Mechanics

and Materials, 2013, 29(5): 1345-1354.

[12] 袁国武, 陈志强, 龚健. 一种结合光流法与三帧差分法的运动目标检测算法[J]. 小型微型计算机系统, 2013, 34 (3):668-671.

[13] HU Y L, SONG R; LI Y S. Highly accurate optical flow estimation on superpixel tree [J]. Image and Vision Computing, 2016, 52(8):167-177.

[14] 吉训生. 判别稀疏表示与在线字典学习的运动目标跟踪 [J]. 计算机工程与应用, 2017, 11 (17): 246-249.

[15] 王波涛, 闫跃, 赵轩. 基于最小二乘法的鱼眼镜头轮廓提取算法[J]. 国外电子测量技术, 2015, 6(4): 31-35.

作者简介

陈戈, 1983 年出生, 硕士, 副教授, 主要研究方向为图像处理、计算机应用、传感器应用。
E-mail: ChenGe1983sxj@163.com

董明明, 1986 年出生, 硕士, 讲师, 主要研究方向为计算机应用、图像处理与智能控制。
E-mail: DongMmgIn1986jt@126.com