

文章编号: 2095-2163(2020)07-0180-03

中图分类号: TP391.7

文献标志码: A

# 改进的 LK 光流 AGV 跟踪算法

陈俊廷, 刘翔

(上海工程技术大学 电子电气工程学院, 上海 201620)

**摘要:** 实现 AGV 长期准确跟踪对 AGV 系统实现无人化管理, 提升工作效率有着重要意义。但目前工厂 AGV 跟踪过程中存在的光照、背景的变化以及部分遮挡等问题会导致跟踪失败。针对这些问题, 本文提出一种基于 YOLO v3 改进的 LK 光流 AGV 跟踪算法。该算法利用基于 YOLO v3 训练好的 AGV 检测模型对 LK 光流跟踪器进行初始化; 利用 LK 光流法正向跟踪这些特征点, 并预测下一帧的特征点; 反向追踪, 并分别计算两组特征点的相似度和特征点集生成的跟踪框的距离。当相似度或距离超出阈值范围时, 调用 AGV 检测模型对特征点集进行修正, 最终实现对 AGV 的有效跟踪。

**关键词:** 跟踪; AGV; LK 光流法

## AGV tracking algorithm based on improved LK optical flow

CHEN Junting, LIU Xiang

(School of Electric and Electronic Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

**[Abstract]** It is of great significance to realize the long-term accurate tracking of AGV for the realization of unmanned management and improvement of work efficiency of AGV system. But at present, the problems of illumination, background change and partial occlusion in the process of AGV tracking will lead to the failure of tracking. To solve these problems, this paper proposes an improved LK optical flow target tracking algorithm based on Yolo v3. Firstly, the algorithm uses the method based on Yolo V3 trained AGV detection model initializes LK optical flow tracker, where 100 feature points in the detection frame are sampled. Then LK optical flow method is used to track these feature points forward and predict the feature points in the next frame. Later reverse tracking is carried out and the similarity of the two groups of feature points is calculated and the distance of the tracking frame is generated by the feature point set. When the similarity or distance exceeds the threshold range, the AGV detection model is called to modify the set of feature points, and finally the AGV is tracked effectively.

**[Key words]** tracking; AGV; LK optical flow

## 0 引言

目标跟踪是计算机视觉中的一项重要任务, 是指对视频序列中的目标状态进行持续预测的过程, 其任务是通过定位视频中每一帧中目标, 生成目标的运动轨迹, 并在每一时刻提供完整的目标区域<sup>[1]</sup>。目标跟踪技术在军事和民用方面都有着十分广泛的应用, 军事方面包括无人飞行器、精确制导、空中预警、战场监视等; 民用方面包括移动机器人、智能视频监控、智能交通系统、人机交互、虚拟现实等。

目前常用的目标跟踪算法有两种:

(1) 使用跟踪器。运用跟踪目标在当前帧的特征和位置信息预测它在下一帧的位置情况。但这种方式在遇到严重遮挡、形变以及光照变化时会不断积累误差, 从而导致跟踪失败;

(2) 使用检测器。需要单独对视频中的每帧图像进行检测来实现目标跟踪, 而目标检测过程是针

对完整图像, 计算量很大, 造成将这种方法运用到实时系统中很难满足需求。

基于以上问题, 本文将跟踪器与检测器结合起来, 使用训练好的检测器对跟踪器进行初始化, 当跟踪器由于外界因素影响而被判定为跟踪失败时, 重新调用检测器对跟踪框进行修正, 实现对目标 AGV 的长期准确跟踪。

## 1 LK 光流算法原理

光流是背景中可见点的三维速度矢量在二维平面上的投影, 它表示了背景表面的点在图像中位置的瞬间变化趋势<sup>[2]</sup>。LK 光流跟踪法设置 3 个假设: 亮度恒定、时间连续和空间一致。作为一种基于模板的跟踪算法, 首先需要在检测框内选取有效的跟踪点, 然后在视频的每帧之间建立点到点的运动轨迹, 最后根据跟踪到的有效点估计新的检测框。通过给定的跟踪目标的模型, LK 算法通过式(1)跟踪目标。

**作者简介:** 陈俊廷(1993-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机视觉; 刘翔(1972-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 机器智能。

**通讯作者:** 刘翔 Email: xliu@sues.edu.cn

**收稿日期:** 2020-05-20

$$\operatorname{argmin}_{p \in P} \sum (Y(W(p, \tau_0 + \Delta\tau)) - T(p))^2. \quad (1)$$

其中,  $Y$  是当前帧的观测子块;  $p = (x, y)$  是像素坐标;  $P = \{p\}_{i=1}^n$  是像素集合;  $\tau = [x, y, \theta, S]$  是目标的状态参数;  $W$  是仿射变换函数, 该函数由参数  $\tau$  决定, 实现对坐标  $p$  的仿射变换。

跟踪过程: 通过增广拉格朗日乘法迭代求解式 (1); 用目标的状态  $\tau = \tau_0 + \Delta\tau$  来描述每一帧的跟踪结果。

## 2 改进的 LK 光流 AGV 跟踪算法

### 2.1 前向后向 LK 光流算法

前向后向 LK 光流算法跟踪的基本原理示意图如图 1 所示。

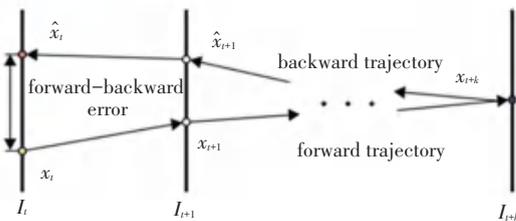


图 1 前向后向 LK 光流跟踪原理示意图

Fig. 1 Schematic diagram of forward and backward LK optical flow tracking

假设当前帧为  $I_t$ , 下一帧为  $I_{t+1}$ , 前向后向光流法首先由  $I_t$  中特征点  $A$ , 使用 LK 光流法预测出  $I_{t+1}$  中特征点  $B$ , 然后由  $I_{t+1}$  中特征点  $B$  往回跟踪, 假如跟踪到  $I_t$  中的特征点  $C$ , 这样就产生了前向和后向两个轨迹, 计算  $I_t$  中特征点  $A$  和特征点  $C$  的位移差值, 如果差值小于一个阈值, 那么就认为前向跟踪是正确的, 并保留特征点  $B$ , 否则就把  $I_{t+1}$  中的特征点  $B$  排除<sup>[3]</sup>。

### 2.2 AGV 检测模型

YOLOv3 目标检测算法作为 one-stage 方法中的代表, 是一种结构清晰, 速度和精度均衡的单步目标检测网络, 能够通过单个卷积神经网络检测整个图像回归目标的类别和位置<sup>[4]</sup>。本文考虑到工厂 AGV 系统的具体应用场景和需求, 决定采用 YOLOv3 作为目标跟踪算法的检测模块。网络整体结构如图 2 所示。

图 2 中 DBL 为 YOLO v3 网络的基本组件, 主要由卷积、BN 和 Leaky relu 组成; resn 表示 res\_block 里含有多少个 res\_unit, 其中 n 代表数字, 有 res1, res2, ..., res8 等; concat 为张量拼接, 主要将 darknet 中间层和后面的某一层的上采样进行拼接, 从而扩充张量的维度。

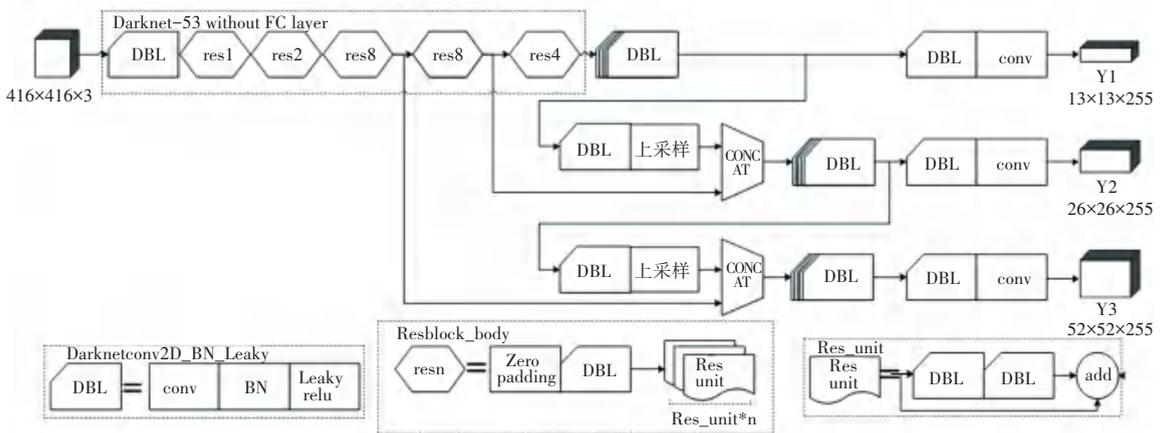


图 2 YOLOv3 网络结构图

Fig. 2 Schematic diagram of forward and backward LK optical flow tracking

### 2.3 目标跟踪算法的改进

经典 LK 光流法, 假设亮度守恒是光流法使用的前提, 但在实际应用中, 由于遮挡、光度变化和噪声等干扰源的存在, 亮度守恒定律往往不能满足。较大的光照变化可能导致目标的丢失。目标平面旋转、形变等情况也会导致光流法无法形成运动矢量场, 大大增加目标位置的确定难度, 甚至导致跟踪失败。为了解决这些问题, 本文将 YOLO V3 检测器与 LK 光流法结合起来, 设计了一种基于 YOLO v3 改

进的 LK 光流 AGV 跟踪算法, 算法流程如下:

(1) 目标检测模型训练。首先采集工厂环境下 AGV 图像数据并对这些数据进行标注, 然后搭建 YOLO v3 网络进行训练, 最好对训练好的 AGV 检测模型进行评估, 选择满足要求的模型。

(2) LK 光流跟踪器初始化。调用上一步中训练好的检测模型检测出目标位置, 在检测框中均匀采样  $10 \times 10 = 100$  个特征点作为 LK 光流跟踪器的初始化目标。

(3)前向后向 LK 光流跟踪器进行跟踪。

(4)跟踪结果判断。首先计算当前帧的特征点与预测帧的特征点的匹配相似度  $\delta$  ,然后计算 2.1 节中提到的 A 点和 C 点的位移差值  $\theta$ 。

(5)跟踪框修正。当匹配相似度  $\delta$  或者位移差值  $\theta$  超过设定的阈值时,重新执行(2)-(5),否则执行(3)-(5)。

### 3 实验结果分析

#### 3.1 AGV 检测模型训练过程及结果分析

(1)数据集预处理。本文的实验数据来源于实验室模拟工厂环境安装于顶部的摄像头所采集到两路视频作为数据集,每路视频的帧速率为 25 fps,分辨率为 1280×960。摄像头采集到的视频数据每隔 5 帧取 1 帧作为训练的原始数据,实验中共采集了 1 600 幅多种运行状态的图像。利用 LabelImage 开源标注软件对其进行标注,并按照 7:3 的训练集验证集比例,采用 1 120 幅图像对识别模型进行训练,采用 480 幅图像对模型进行验证。

(2)模型的训练。实验通过调用 CUDA、Cudnn、OPENCV 库,在 Windows10 系统的 DARKNET 框架下运行,训练和测试模型时使用 GPU。同时,训练时采用 24 个样本作为一个处理单元,动量设置为 0.9;权值衰减设置为 0.000 5;起始学习率设置为 0.001。实验中,网络模型一共训练 3 600 次,其损失值随迭代次数变化曲线如图 3 所示。模型在前 1 000 次迭代中迅速拟合,Loss 快速变小,到 2 800 次迭代之后渐渐稳定,只有稍许的振荡,最后趋于稳定。

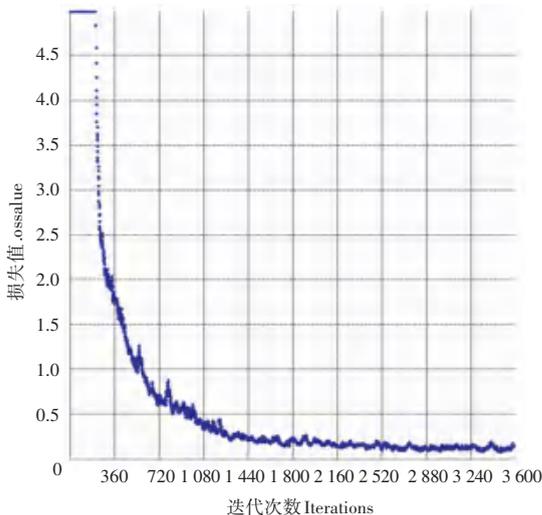


图 3 loss-iter 曲线

Fig. 3 loss-iter curve

(3)模型的测试。使用训练好的 YOLO V3 模型对多种运行状态下的 AGV 车进行检测,实验结果如图 4 所示。

从图 4 可以看出,该模型能够精确检测出 AGV。



图 4 模型测试效果图

Fig. 4 Model test rendering

#### 3.1 AGV 跟踪结果

实验数据取 200 帧包含无遮挡、部分遮挡的情况,分别对经典 LK 光流跟踪算法和改进的 LK 光流 AGV 跟踪算法进行测试,并计算出跟踪的准确率,同时统计出处理 200 帧图像的总耗时见表 1。

表 1 跟踪方法对比

Tab. 1 Comparison of tracking methods

跟踪方法	无遮挡	半遮挡	耗时/ms
经典 LK 光流跟踪算法	0.92	0.75	748
改进的 LK 光流 AGV 跟踪算法	0.98	0.92	781

从表 1 可以看出与经典 LK 光流跟踪算法相比,本文提出的改进的 LK 光流 AGV 跟踪算法在无遮挡和有遮挡的情况下准确率都有所提升,尤其在半遮挡情况下,获得了明显提升,并且算法处理速度没有明显下降。半遮挡情况下跟踪效果,如图 5 所示。



图 5 半遮挡条件下跟踪效果

Fig. 5 Tracking effect under semi occlusion

### 4 结束语

本文提出一种基于 YOLO v3 改进的 LK 光流 AGV 跟踪算法,并对改进算法的原理及算法流程进行了详细介绍,最后在实验环境下进行对比和测试,结果表明改进的 LK 光流 AGV 跟踪算法能够解决被跟踪 AGV 在被跟踪过程中发生的部分遮挡等问题,具有较好的工程应用价值。

#### 参考文献

- [1] 张玲. 视频目标跟踪方法研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2009.
- [2] LIUXIA Xuan-De, SHEN Dan-Feng, ZHANG Xu-Xiang, 等. 改进 LK 光流法在复杂环境中对移动小球目标追踪[J]. 计算机系统应用, 2019, 28(7):221-227.
- [3] 陈刚, 杨勇. 一种自适应基于纹理和颜色特征的目标跟踪算法[J]. 智能计算机与应用, 2013, 3(2):54-57.
- [4] 史殊凡, 孙光民. 基于 TLD 改进框架的视频目标跟踪算法[J]. 软件工程, 2019, 22(5):5-8.
- [5] 蒋菱, 程康. 基于 LK 光流跟踪法的有效目标点增强跟踪[J]. 微型机与应用, 2015, 34(6):45-49.