

# 基于几何投影的运动阴影去除方法

王 俊<sup>1</sup>, 王文中<sup>1,2</sup>, 汤 进<sup>1,2</sup>

(1. 安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥 230601;  
2. 安徽省工业图像处理与分析重点实验室, 安徽 合肥 230039)

**摘 要:** 由于在使用图像差分法检测运动目标时, 运动目标阴影会被当成运动目标而检测出, 因此文中针对固定场景的运动目标阴影问题, 提出了一种简单有效的基于几何投影的阴影去除方法。首先, 根据图像灭点理论, 通过场景先验知识计算场景图像的主方向。其次, 结合帧差法和背景差法检测运动前景, 把前景像素点在场景图像主方向的垂线方向上进行几何投影。根据目标轮廓和阴影轮廓的主方向与场景图像主方向的可区分特性, 通过阈值化投影值则可分割出目标区域和阴影区域, 进而去除阴影区域。最后, 考虑到光照、目标自身大小、目标运动方向以及运动目标速度等因素对阴影的影响, 文中在不同条件的视频上进行了实验, 通过与原图对比和实验间相互对比验证了文中算法的有效性。

**关键词:** 运动目标检测; 图像主方向; 几何投影; 阴影去除

中图分类号: TP391.4

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)12-0037-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.12.009

## A Moving Shadow Removal Method Based on Geometric Projection

WANG Jun<sup>1</sup>, WANG Wen-zhong<sup>1,2</sup>, TANG Jin<sup>1,2</sup>

(1. School of Computer Science and Technology, Anhui University, Hefei 230601, China;  
2. Key Laboratory of Industrial Image Processing & Analysis of Anhui Province, Hefei 230039, China)

**Abstract:** As the image difference method were used to detect moving targets, moving targets shadow was detected as a motion target, so for the shadow problem of moving object detection under the fixed scene, proposed a simple and effective shadow removal approach based on geometric projection. Firstly, the principal image direction of the scene is computed by utilizing the vanishing point theory and scene prior knowledge. Secondly, combined the frames subtraction with the background subtraction, detect the foreground pixels and geometrically project them on the direction that is vertical to the computed principal direction. According to the fact that the principal directions of the target and shadow contours are distinguishable with the principal image direction of the scene, segment the shadow regions from the detected foreground pixels and remove it by thresholding the projection values. Finally, considering the influence of the light, their own size of targets, the direction of the target moving and moving target speed and other factors on the shadow, make the experiment on some videos with different conditions, and demonstrate the effectiveness of the proposed approach.

**Key words:** moving object detection; principal image direction; geometric projection; shadow removal

## 0 引 言

目前, 检测跟踪算法已经很成熟, 而且有很多经典的检测跟踪算法。但是由于算法的理论限制, 在有光照条件下的运动目标检测中, 运动目标的阴影会被检测为运动目标, 成为真实运动目标的一部分, 这样就对后续的运动目标识别和运动目标跟踪产生了很大影响, 结果就会导致错误的识别和跟踪。因此, 为了获得

更好的效果, 在检测和跟踪中消除阴影的影响具有重要的研究意义。

目前阴影去除方法<sup>[1-2]</sup>主要有基于模型<sup>[3-4]</sup>的方法和基于特征<sup>[5]</sup>的方法。基于模型的方法要根据不同场景建立不同的模型, 需要先验知识, 因此局限性很大; 基于特征的方法需要建立假设, 该假设考虑阴影区域特性等因素, 并根据该假设的纹理信息分离出目标

收稿日期: 2015-03-20

修回日期: 2015-06-24

网络出版时间: 2015-11-19

基金项目: 国家“863”高技术发展计划项目(2014AA015104); 国家自然科学基金资助项目(61472002); 国家科技支撑计划项目(2012BAH95F01)

作者简介: 王 俊(1990-), 男, 硕士研究生, 研究方向为图像处理与模式识别; 王文中, 讲师, 研究方向为图像处理; 汤 进, 博导, 研究方向为图像处理与模式识别等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20151119.1111.048.html>

和阴影,而不同场景的阴影区域假设也不尽一致。付萍等<sup>[6]</sup>通过将当前图和背景图相减,阈值分割,并采用多种梯度算子,以度量平坦度的方式来检测与去除阴影。Cucchiara 等<sup>[7]</sup>提出了一种在 HSV 颜色空间内去除阴影的方法。张红颖等<sup>[8]</sup>提出了一种结合 YCbCr 颜色空间和混合高斯模型的阴影去除算法,但是该算法对车辆的阴影检测存在一定不足。

在二值化图像中,由于运动目标轮廓方向和阴影轮廓方向不在一个方向上,基于这个特点,文中提出了一种基于方向信息和几何投影的阴影去除算法。该算法首先需要标定出主方向,即和运动目标轮廓一致的方向,然后通过得到的二值化图像做主方向垂线方向上的像素投影,根据投影值区别出运动目标区域和运动目标阴影区域,最终达到去除阴影的目的。

## 1 运动目标检测方法

现有的运动目标检测算法<sup>[9]</sup>可以分为三种:帧差法、背景差法和光流法。每一种方法都有其各自的特点和特定的使用场景。文中使用帧差结合背景差进行运动目标检测,下面简要介绍帧差法和背景差法。

### 1.1 帧差法

帧差法<sup>[10]</sup>是背景减法中的一种,只不过帧差法不需要建模,因为它的背景模型就是上一帧的图像,所以速度非常快。另外,帧差法对缓慢变化的光照不是很敏感,所以其用途还是有的,有不少学者对其进行了改进。

基本原理是在图像序列相邻的两帧或三帧采用基于像素的时间差分通过阈值化来提取图像中的运动区域。首先,将相邻帧图像对应像素值相减,然后对差分图像二值化。在环境亮度变化不大的情况下,如果对像素值变化小于事先确定的阈值时,可以认为(主观经验)此处为背景像素;如果对应像素值变化很大,可以认为这是有运动物体引起的,将这些区域标记为前景像素,利用标记的像素区域可以确定运动目标在图像中的位置。

其基本原理可以用下面公式表示:

$$|i(t) - i(t-1)| < T \quad (1)$$

前景:

$$|i(t) - i(t-1)| \geq T \quad (2)$$

其中,  $i(t)$ ,  $i(t-1)$  分别为  $t$ ,  $t-1$  时刻对应像素点的像素值;  $T$  为阈值。

### 1.2 背景减除法

背景减除法<sup>[11]</sup>又称背景差分法,背景差分法的原理是将当前帧与背景帧进行差分来得到运动目标区域。这种方法较帧差法能更好地识别和提取运动目

标,是目前运动分割中最常用的一种方法。但是需要构建一幅背景图像,这幅背景图像必须不含运动目标,并且应该能不断的更新来适应当前背景的变化。构建背景图像的方法有很多,比较常用的有基于单个高斯模型的背景构建、基于混合高斯模型的背景构建、基于中值滤波器的背景构造、基于卡尔曼滤波器的背景构造、基于核函数密度估计的背景模型构造。

如不考虑噪音的影响,视频帧图像  $I(x, y, t)$  可以看作是由背景图像  $b(x, y, t)$  和运动目标  $m(x, y, t)$  组成,则:

$$m(x, y, t) = I(x, y, t) - b(x, y, t) \quad (3)$$

得到运动目标需要依据某一判断原则进一步处理,最常用的方法为阈值分割的方法:

$$m(x, y, t) = \begin{cases} I(x, y, t), & m(x, y, t) \geq T \\ 0, & m(x, y, t) < T \end{cases} \quad (4)$$

式中,  $T$  为一阈值。

## 2 帧差结合背景差法

由于帧差法和背景差法都存在一定的局限性,背景差法容易受背景图像的影响,而且背景图像变化很快,所以需要更新背景。文中方法使用当前帧和背景帧的加权作为背景图像,这样就逐步减弱了背景变化对检测的影响。

$$b(x, y, t) = \alpha \times b(x, y, t) + (1 - \alpha) \times I(x, y, t) \quad (5)$$

可以根据背景图像变化的快慢,选取不同的  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) 值,当背景变化较慢时,  $\alpha$  的值可以偏小;当背景变化较快时,  $\alpha$  可以较大。

结合公式(3)、(5)得到公式(6):

$$m(x, y, t) = \alpha [I(x, y, t) - b(x, y, t)] \quad (6)$$

从公式(6)可以看出,改进的方法减弱了背景的影响,该方法消除了光线变化的影响,通过调整  $\alpha$  参数的值,可以消除树枝和叶子等小目标的影响。

## 3 基于几何投影的运动阴影去除方法

该算法的过程如图 1 所示。

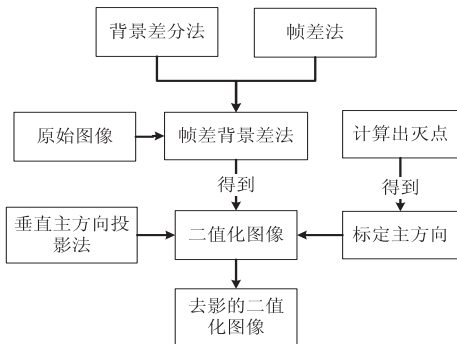


图 1 算法过程流程图

### 3.1 图像灭点的计算

灭点指的是立体几何图像中立体图形的各条边的延伸线交于的点。立体图形在平面图中的体现,可以理解为远处或者无穷远处的光源所散发的光线在物体上所形成的人体视觉。无穷远点投影到欧氏平面上即为灭点。由定义可知,灭点或者在图像中或者在无穷远处,即不可见处。

下面首先计算图像的灭点。

设图像为  $I$ , 在图像上标定四个点  $p_1, p_2, p_3, p_4$ , 很容易获得通过  $p_1, p_2$  的直线  $l_1$  和通过  $p_3, p_4$  的直线  $l_2$ , 若直线  $l_1 \parallel l_2$ , 则两条直线在无穷远处的交点即为灭点, 设为  $P$ 。

若两条平行线为:

$$l_1 = (a, b, c_1)^T, l_2 = (a, b, c_2)^T (c_1 \neq c_2) \quad (7)$$

则无穷远点  $P$  为:

$$X = l_1 \times l_2 = \begin{pmatrix} b c_1 & c_1 a & a b \\ b c_2 & c_2 a & a b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b(c_2 - c_1), a(c_1 - c_2), 0 \end{pmatrix} \cong (-b, a, 0) = X_\infty \quad (8)$$

### 3.2 计算标定的主方向

文中算法的前提是假设运动目标的方向是垂直于地面的, 而该假设在实际场景中是满足条件的。在实际场景中, 运动目标的主方向是垂直于地面的, 影子的方向和地面的法向量存在夹角, 因此可以根据该区别分离出运动目标和运动目标阴影。

由于假设运动目标的主方向是垂直于地面的, 而标定主方向和运动目标的主方向是一致的, 所以根据该假设可得  $l_1$  和  $l_2$  是垂直于地面的。而在实际场景中, 无法直接计算出垂直于地面的法向量, 因此借助垂直于地面的物体进行标定, 文中借助路灯杆标定主方向。在路灯杆上选定四个点, 由 3.1 的理论过程可以计算出灭点位置, 运动目标底端像素点与灭点的连线即为运动目标的主方向。

### 3.3 阴影去除算法

首先得到图像的二值化图像, 二值化图像的获得是通过文中改进的检测算法—帧差结合背景差法得到, 得到之后, 利用文中的阴影去除算法得到去除阴影后的运动目标, 整个过程如图 1 所示。

由二值化图像, 获取运动目标和运动目标阴影的轮廓, 根据轮廓边缘点的切线方向, 可以得到运动目标的主方向和阴影区域的主方向, 如图 2 所示。

如图 2 所示, 在图像中运动目标的主方向和标定主方向重合或者夹角非常小。影子的方向很明显和主方向有一定夹角, 且夹角较大。鉴于此区别, 文中使用下述方法分割运动目标和运动目标阴影。



图2 运动目标主方向和阴影主方向示意图

使用的方法是在垂直标定主方向的方向上做像素投影。具体过程如下: 通过所得二值化图像可以得到运动目标轮廓。如图 3 所示, 白色曲线所围的为运动目标轮廓区域, 很明显, 运动目标阴影被检测在内。把白色曲线内的像素在标定主方向垂线上做投影, 即在二值化图像上, 按标定主方向的方向, 对在同一主方向上的像素做累加, 直到运算完所有轮廓内的像素值, 得到像素值累加的波线图, 如图 3 中黑色波线所示。

从图 3 中波线可以看出, 运动目标区域和运动目标阴影区域存在明显的界限值即阈值, 通过设置合理阈值, 可以区别出运动目标和运动目标阴影, 这样就可以去除运动目标阴影。



图3 运动目标轮廓和运动目标像素投影

## 4 实验结果与分析

应用上述算法, 分别对白天和晚上的视频序列进行实验。下面给出实验结果。

图 4 是三组白天行人的去除阴影结果; 图 5 是两组白天汽车的去除阴影结果; 图 6 是电动车和夜晚行人的去除阴影结果。

首先由视频序列通过文中改进的检测算法—帧差结合背景差法得到二值化图像, 在二值化图像中根据事先标定出的主方向可以做像素在主方向垂线方向上的投影, 根据投影值的分布设定出阈值, 则可以区分出运动目标区域和运动目标阴影区域。因此就可以在原图像上得到阴影区域, 也就是得到运动目标区域, 这样就可以达到去除阴影的目的。



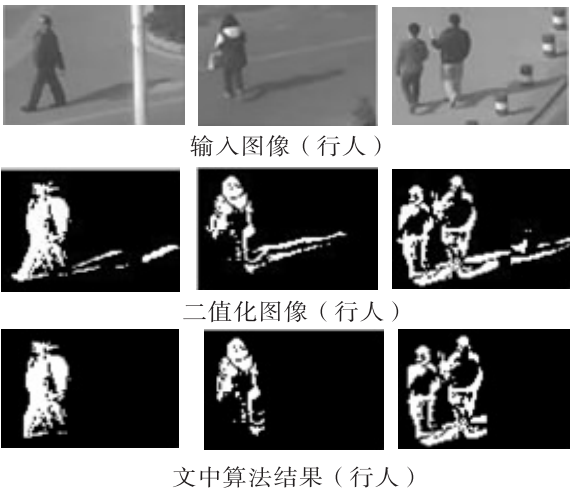


图 4 行人去除阴影效果

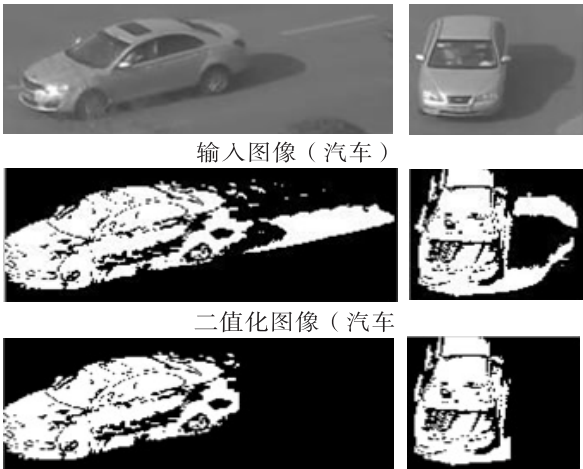


图 5 汽车去除阴影效果

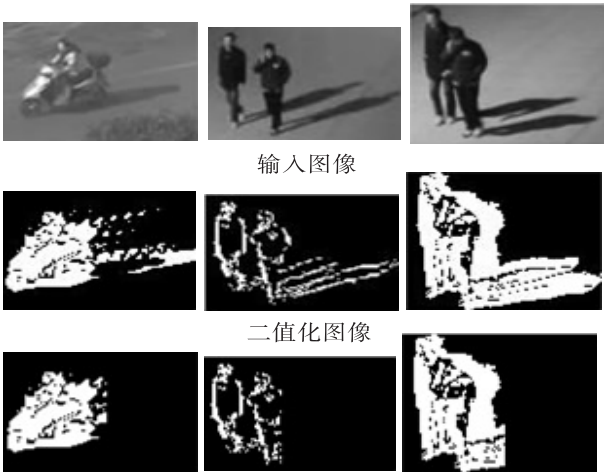


图 6 电动车和夜晚行人去除阴影效果

从实验结果中可以看出,由于运动目标在主方向上像素累积明显多于运动目标阴影在主方向上的像素累积,因此利用该差异就可以消除阴影。

图 4 中,从二值化图像可以看出,阴影区域相对行人区域比较稀少,所以通过阴影去除算法很容易就可以去除阴影。

图 5 中,汽车阴影较小,但是由于汽车运行速度较快,导致由图像差分法得到的二值化图像有较长拖尾,文中把拖尾看成阴影,由阴影去除算法同样可以消除拖尾的影响。

图 6 是晚上的测试视频,晚上阴影区域方向变化较快,但是文中的阴影去除算法考虑的是阴影区域方向和主方向的关系,因此文中阴影去除算法对阴影方向变化具有很好的抗性。

在实验中,选取两段不同视频,该视频的选取考虑了运动目标的大小、目标的运动方向以及不同光照等影响因素。为了定量评估该算法的性能,文中采用文献[12]的评价标准:

$$\xi = \frac{TP_F}{TP_F + FN_F} \tag{9}$$

其中,  $TP_F$  表示正确检测到的前景点个数;  $FN_F$  表示被误检为阴影点的前景点个数。

对比算法为文献[13]中的 SP (Statistical Parametric approach) 算法和 DNM2 (Deterministic NonModel-based approach 2) 算法,以及文献[14]中的 YCbCr 算法。针对不同的算法分别算出在两段不同场景的视频中  $\xi$  的值,通过比较各自的  $\xi$  值来判断算法的优劣。

从表 1 中数据可以看出,文中算法在白天测试视频中,去影效果明显优于 DNM2 算法,略高于 YCbCr 算法和 SP 算法。而在晚上的测试视频中,由于受环境所限,去影效果偏低,但也优于其他算法。

表 1 去除阴影算法结果比较

测试视频	测试标准	文中算法/%	YCbCr 算法/%	SP 算法/%	DNM2 算法/%
白天视频	$\xi$	93.1	92.3	91.9	83.2
晚上视频	$\xi$	78.6	73.2	72.1	67.4

5 结束语

文中提出了一种基于主方向的阴影去除算法。该算法基于二值化图像进行去除阴影计算,具有运行复杂度低、不占有内存等优点,而且该方法无需构建阴影模型,不需要判断阴影区域,只需要预先标定主方向即可,因此具有很好的适应性。实验结果表明:针对自然光和人为光照下的行人、电动车、汽车等目标,文中算法均能有效消除相应的阴影区域,而且可以很方便地在实时监控系统中使用,同时也为后续更好的去影方法提供了思路 and 非常大的便利条件。

参考文献:

[1] 赵光明,韩光,李晓飞,等. 基于融合帧间差的改进 Vibe 方法[J]. 计算机技术与发展,2015,25(3):76-80.

白噪声进行多状态训练,而测试环境可能包含了各种噪声,将来的工作会在训练阶段添加不同种类的噪声,以符合实际需要。当然该系统计算复杂度依然很高,因此有必要减小计算复杂度,提高系统的运行效率。

#### 参考文献:

- [1] 何勇军,孙广路,付茂国,等. 基于稀疏编码的鲁棒说话人识别[J]. 数据采集与处理,2014,29(2):198-203.
  - [2] Ortega-Garcia J, Gonzalez-Rodriguez L. Overview of speaker enhancement techniques for automatic speaker recognition [C]//Proc of ICSLP'96. Philadelphia: [s. n.], 1996:929-932.
  - [3] Teunen R, Shahshahani B, Heck L P. A model-based transformational approach to robust speaker recognition [C]//Proc of ICSLP'00. Beijing, China: [s. n.], 2000:495-498.
  - [4] Ji Ming, Hazen T J, Glass J R, et al. Robust speaker recognition in noisy conditions [J]. IEEE Trans on Audio, Speech, and Language Processing, 2007, 15(5):1711-1723.
  - [5] Ji Ming, Stewaryt D, Vaseghi S. Speaker identification in unknown noisy conditions - a universal compensation approach [C]//Proc of ICASSP. Philadelphia: [s. n.], 2005:617-620.
  - [6] Kim K, Kim M Y. Robust speaker recognition against background noise in an enhanced multi-condition domain [J]. IEEE Trans on Consumer Electron, 2010, 56(3):1684-1688.
  - [7] Wright J, Yang A Y. Robust face recognition via sparse representation [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2009, 31(2):210-227.
  - [8] Imran N, Roberto T, Mohammed B. Sparse representation for speaker identification [C]//Proc of ICRP. Istanbul, Turkey: [s. n.], 2010:4460-4463.
  - [9] Xu L T, Yang Z. Speaker identification based on sparse subspace model [C]//Proc of Asia-Pacific conference on communications. Bali, Indonesia: [s. n.], 2013:37-41.
  - [10] Saon G, Padmanabhan M, Gopinath R. Maximum likelihood discriminant feature spaces [C]//Proc of ICASSP. [s. l.]: [s. n.], 2000:1129-1132.
  - [11] Donoho D L. Compressed sensing [J]. IEEE Trans on Information Theory, 2006, 52(4):5406-5425.
  - [12] 石光明,刘丹华,高大化,等. 压缩感知理论及其研究进展 [J]. 电子学报, 2009, 37(5):1070-1081.
  - [13] Haris B C, Sinha R. Speaker verification using sparse representation over KSVD learned dictionary [C]//Proc of 18th national conference on communications. Kharagpur: [s. n.], 2012:1-5.
  - [14] 马振,张雄伟,杨吉斌. 一种基于K-SVD的说话人识别方法 [J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(34):112-115.
  - [15] Yu H, Waibel A. Streaming the front-end of a speech recognizer [C]//Proc of 6th international conference on spoken language processing. Beijing, China: [s. n.], 2000:353-356.
- 
- (上接第40页)
- [2] 魏岩,涂铮铮,郑爱华,等. 结合RGB颜色特征和纹理特征的消影算法 [J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(10):72-74.
  - [3] Thirion J P. Realistic 3d simulation of shapes and shadows for image processing [J]. CVGIP: Graphical Models and Image Processing, 1992, 54(1):82-90.
  - [4] Koller D, Daniilidis K, Nagel H H. Model-based object tracking in monocular image sequences of road traffic scenes [J]. International Journal of Computer Vision, 1993, 10(3):257-281.
  - [5] 胡园园,王让定. 基于局部纹理不变性的运动阴影去除算法 [J]. 计算机应用, 2008, 28(12):3141-3143.
  - [6] 付萍,方帅,徐心和,等. 视频监控系统中运动目标检测的阴影去除方法 [J]. 计算机工程, 2007, 33(10):22-24.
  - [7] Cucchiara R, Grana C, Piccardi M, et al. Detecting moving objects, ghosts, and shadows in video streams [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(10):1337-1342.
  - [8] 张红颖,李鸿,孙毅刚. 基于混合高斯模型的阴影去除算法 [J]. 计算机应用, 2013, 33(1):31-34.
  - [9] 代科学,李国辉,涂丹,等. 监控视频运动目标检测减背景技术的研究现状和展望 [J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(7):919-927.
  - [10] 王栓,艾海舟. 基于差分图象的多运动目标的检测与跟踪 [J]. 中国图象图形学报, 1999, 4(6):470-475.
  - [11] Elgammal A, Harwood D, Davis L. Non-parametric model for background subtraction [C]//Proc of ECCV 2000. Berlin: Springer, 2000:751-767.
  - [12] 李鹏飞,陈朝武,李晓峰. 智能视频算法评估综述 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2010, 22(2):352-360.
  - [13] Prati A, Mikic I, Trivedi M M, et al. Detecting moving shadows: algorithms and evaluation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003, 25(7):918-923.
  - [14] 邓亚丽,毋立芳,李云腾. 一种有效的图像阴影自动去除算法 [J]. 信号处理, 2011, 27(11):1724-1728.

基于几何投影的运动阴影去除方法

作者:

[王俊](#), [王文中](#), [汤进](#), [WANG Jun](#), [WANG Wen-zhong](#), [TANG Jin](#)

作者单位:

[王俊, WANG Jun\(安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥, 230601\), \[王文中, 汤进\]\(#\), WANG Wen-zhong, TANG Jin\(安徽大学 计算机科学与技术学院, 安徽 合肥 230601; 安徽省工业图像处理与分析重点实验室, 安徽 合肥 230039\)](#)

刊名:

[计算机技术与发展](#)

英文刊名:

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

2015, 25(12)

引用本文格式: [王俊](#). [王文中](#). [汤进](#). [WANG Jun](#). [WANG Wen-zhong](#). [TANG Jin](#) [基于几何投影的运动阴影去除方法](#) [期刊论文] - [计算机技术与发展](#) 2015(12)