

文章编号 1004-924X(2011)08-1921-10

参数自适应的亮度稳健特征提取变换

陈 敏*, 邵振峰

(武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室, 湖北 武汉 430079)

摘要:针对目前大多数特征提取算法对图像的亮度变化敏感这一问题,提出了一种基于图像灰度直方图整体分布的参数自适应亮度稳健特征提取变换(PA-IRFET)算法。该算法首先确定灰度变换函数的形式,通过分析图像的直方图分布来计算灰度变换函数参数,然后利用不同参数值的变换函数对图像进行变换,建立图像的亮度空间;最后,以亮度空间为基础,结合适当的特征提取算子在亮度空间进行图像特征提取以获得亮度稳健的特征。通过实验将 PA-IRFET 算法与 Harris 算子相结合进行特征点提取,检测到的特征点个数比 IRFET-Harris 检测到的特征点个数大幅提高,重复特征点的个数大约提高了 20% 以上。实验结果表明,提出的算法对图像亮度变化具有较强的鲁棒性。

关键词:参数自适应亮度稳健特征提取变换;亮度空间;Harris 算子;灰度直方图;

中图分类号:TP391.4 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20111908.1921

Parameter adaptive illumination robust feature extraction transform

CHEN Min*, SHAO Zhen-feng

(*State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China*)

* *Corresponding author, E-mail: chenminzs@163.com*

Abstract: As most feature extraction algorithms are highly sensitive to illumination variations, this paper presents a Parameter Adaptive Illumination Robust Extraction Transform (PA-IRFET) based on the histogram of the image. The method includes three steps. Firstly, the gray transformation function and parameters are determined based on the analysis of the histogram of the image. Then, the function is used to transform the image to build an illumination-space of the image. Finally, the illumination-space is combined with feature extraction algorithms to detect illumination robust features. In the experiment of this paper, PA-IRFET is combined with Harris detector to improve the number of detected features of IRFET greatly and the number of repeated features of IRFET has been improved by about 20% on average. This demonstrates that the PA-IRFET is more robust to illumination variations than the IRFET.

Key words: Parameter Adaptive Illumination Robust Extraction Transform (PA-IRFET); illumination-space; Harris operator; gray histogram

收稿日期:2011-02-28;修订日期:2011-04-01.

基金项目:国家 973 重点基础研究发展计划资助项目(No. 2010CB731800);国家 863 高技术研究发展计划重点项目(No. 2009AA121404);中央高校基本科研业务费专项基金资助项目(No. 201161902020014)

1 引言

特征提取在图像匹配^[1]、三维重建^[2]、目标跟踪^[3]、人脸识别^[4]等应用中都是必需的步骤。一种好的特征提取算法应该具有较好的特征定位能力并对噪声、几何变化、亮度变化等具有较好的鲁棒性。

在特征提取研究领域,研究人员已经提出了许多适用于不同条件的特征提取算法。1977年提出的 Moravec^[5]角点检测算子是最早的特征提取算法之一,该算子只考虑中心点的垂直、水平和对角方向上图像的灰度变化,因此不是各向同性的,不具备旋转不变性,并且对噪声敏感。1988年 Harris^[6]提出了 Harris 角点检测算子,该算子使用了微分算子对图像进行微分运算,而微分运算对图像亮度和对比度不敏感,因此 Harris 算子对图像亮度和对比度具有部分不变性;该算子还具有旋转不变性,但最初的 Harris 算子不具有尺度不变性。Mikolajczyk 和 Schmid^[7]在 Harris 算子的基础上提出了尺度不变的 Harris-Laplace 算子和仿射不变的 Harris-Affine 算子。Kovesi^[8]提出了 phase congruency 算子用于提取边缘和角点,该算子对图像的亮度变化相对不敏感,并且对特征点的空间定位很精确。Smith^[9]等人提出了 SUSAN 角点检测算子,该算子对局部噪声不敏感,抗干扰能力强。2000年 Lowe^[10]提出了尺度不变特征变换(Scale Invariant Feature Transform, SIFT)算法,该算法在图像旋转、尺度变换、仿射变换和视角变化条件下都具有较好的不变性,在特征提取研究领域具有里程碑的意义。纪华^[11]等人在 SIFT 向量中加入基于全局形状信息的全局向量,解决了图像中存在多个相似区域时造成的误匹配问题。杨晓敏^[12]等人在 SIFT 算法的基础上提出了基于置信度的匹配算法,提高了匹配的自动化水平和准确度。Matas^[13]借用分水岭的思路提出了最大稳定极值区域(MSERs)的特征检测算法,该算法得到的局部特征具有较强的仿射不变性。Jean-Michel Morel 和 Guoshen Yu^[14-15]在 SIFT 算法的基础上提出了一种完全的仿射不变算法 Affine-SIFT,其仿射不变性优于

MSER,在大视角变化情况下依然能够取得较好的效果。Gevrekci 和 Gunturk^[16]在图像亮度不变性方面进行研究,提出的亮度稳健特征提取变换(Illumination Robust Feature Extration Transform, IRFET)算法对图像亮度变化具有较强的鲁棒性。

本文在 Gevrekci 和 Gunturk 思想的基础上提出了一种基于图像直方图整体分布的参数自适应亮度稳健特征提取变换(Parameter Adaptive IRFET, PA-IRFET)算法,并将该变换与特征提取算子相结合来增强特征提取算子对图像亮度变化的鲁棒性。与 IRFET 算法不同,PA-IRFET 算法通过分析图像的直方图整体分布来自适应地确定灰度拉伸函数的参数,在此基础上构造图像亮度空间。针对不同的应用,该算法能够与不同的特征提取算法相结合。本文将 PA-IRFET 与 Harris 算子相结合,提高了 Harris 算子在不同亮度变化的图像中提取的特征点的个数和特征点的重复率。

2 PA-IRFET 算法

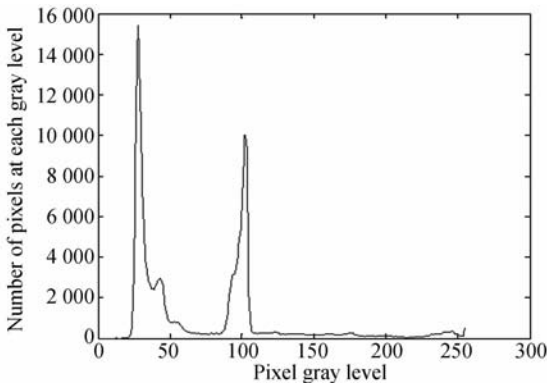
图像的亮度不变性可以通过建立亮度空间来实现。亮度空间是用不同参数的灰度变换函数对图像进行变换得到不同的亮度图像来建立的。如果对于任意一幅图像都采用相同参数的灰度变换函数,那么不同的图像,其处理后的效果差异可能会比较大。假设一幅图像具有如图 1(a)中所示的灰度直方图,如果灰度变换函数的参数在 0 到 1 之间是均匀分布的,那么将有大约一半的变换失去意义。如果参数主要集中在 0 到 1 之间的前半部分,那么将取得较好的效果。如果参数主要集中在 0 到 1 的后半部分,那么得到的结果将不能令人满意。为了解决固定参数对图像处理带来的这种不确定性,PA-IRFET 采用了动态确定灰度变换函数参数的方法,对于每一幅待处理的图像,首先统计图像的灰度直方图的整体分布,然后根据直方图的分布特性来确定变换函数的参数,最后再利用变换函数来建立亮度空间。

2.1 统计分析图像的灰度直方图

统计图像的灰度直方图,得到如图 1(a)中所

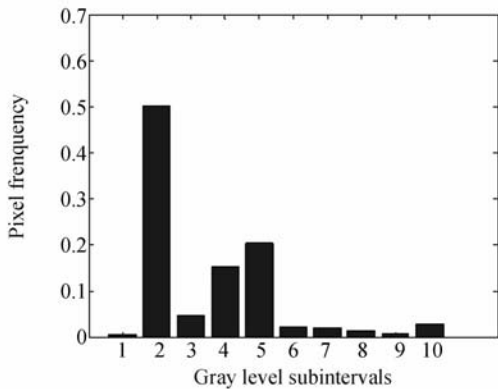
示的[0,255]灰度值区间的直方图。然后对灰度值区间[0,255]进行子区间划分,将[0,224]灰度值区间划分为 9 个相同大小的子区间,每个子区间包含 25 个灰度级,将[224,255]灰度值区间作为第 10 个子区间,该子区间包含 31 个灰度级。划分好子区间后,统计图像像素灰度值分别在各个子区间中出现的频数,并计算各个子区间的频数占整幅图像像素个数的百分比,如图 1(b)所示。设第 i 个子区间所占的比例为 P_i , ($i=1,2,$

$\dots,10$), 则 $\sum_{i=1}^{10} P_i = 1$ 。



(a)[0,255]灰度值区间直方图

(a) Histogram of gray value region [0,255]



(b)每个子区间占整幅图像的比例直方图

(b) Histogram of sub-ranges

图 1 图像灰度直方图

Fig. 1 Histograms of one image

图 1 所示是任意选取的作为示例的图像的灰度直方图。图 1(a)表示整幅图像在[0,255]灰度值区间的直方图,图 1(b)是相应的将[0,255]划分为 10 个子区间后各个子区间内灰度级出现的频率的分布情况。

2.2 确定灰度变换函数

在确定灰度变换函数时,首先要确定函数的形式。本文选择如式(1)所示形式的对比拉伸函数作为变换函数:

$$I_c(x,y) = \frac{1}{1 + e^{-\gamma(I(x,y)-c)}} \quad (1)$$

其中, $I_c(x,y)$ 为灰度值归一化到[0,1]的图像, γ 决定对比拉伸函数的倾斜程度, c 是对比拉伸函数的中心值^[16]。

确定了函数的形式后,还要确定函数参数 c 和参数 γ 的值,方法如下所述。

2.2.1 参数 c

对于划分的 10 个子区间,设第 i 个子区间内灰度级出现频数占总像素个数的百分比为 P_i ,对 P_i 进行如下处理:

$$\bar{P}_i = \text{round}(10 \cdot P_i) \quad (2)$$

其中,round()的作用是进行四舍五入。

对 P_i 进行预处理后,从第一个子区间开始搜索,只在 \bar{P} 不等于 0 的子区间计算参数 c 。对于 \bar{P} 不等于 0 的子区间 i :

$$c_i = 0.1(i-1) + \frac{0.1}{\bar{P}_i + 1} \quad (3)$$

$$c_{i,j} = c_{i,j-1} + \frac{0.1}{\bar{P}_i + 1} \quad (j=1, \dots, \bar{P}_i - 1) \quad (4)$$

式(3)和(4)中, i 为子区间序号。当 \bar{P}_i 等于 1 时,只计算式(3),当 \bar{P}_i 大于 1 时,还需计算式(4)。在式(4)中,当 $j=1$ 时, $c_{i,0} = c_i$ 。

由此确定参数 c 后,在像素比较集中的灰度级区间,灰度变换函数相应的比较集中,在像素个数少的灰度级区间,灰度变换函数相应的比较稀疏。

2.2.2 参数 γ

用上述方法确定一系列参数 c 后,灰度变换函数的位置以及稀疏程度相应地确定了。接下来需要确定参数 γ 的值,从而确定灰度变换函数的倾斜程度。

在某一灰度级子区间内,根据式(4), \bar{P}_i 值越大,则 j 可取得的值越大,那么该子区间内灰度变换函数就越集中。反之, \bar{P}_i 值越小,则灰度变换函数越稀疏。把函数曲线看成相应的能量曲线,为了使得能量能够尽可能广地填充其对应的子区间,并且大部分的能量都在其对应的子区间内,在能量曲线越集中的区间,曲线应该越陡,能量曲线越分散的区间,曲线应该越平缓。本文规定在每

个 \bar{P}_i 不等于 0 的子区间, 该子区间左端点在第一条灰度变换函数曲线上的函数值为 0.1, 右端点在最后一条灰度变换函数曲线上的函数值为 0.9。

由式(1)可得

$$\gamma = -\frac{\ln\left(\frac{1}{I_c(x,y)} - 1\right)}{I(x,y) - c}, \quad (5)$$

子区间 i 的左端点 $I(x,y) = 0.1(i-1)$, 第一条灰度变换函数曲线的参数 $c = 0.1(i-1) + \frac{0.1}{\bar{P}_i + 1}$ 。

因此

$$\gamma = -\frac{\ln\left(\frac{1}{I_c(x,y)} - 1\right)}{I(x,y) - c} = 10 \cdot (\bar{P}_i + 1) \cdot \ln 9. \quad (6)$$

由式(3)和式(4)可知, 灰度变换函数在子区间内是等间隔的, 又因为灰度变换函数是中心对称函数, 因此, 由式(6)确定的参数 γ 正好使得该子区间右端点在最后一条灰度变换函数曲线上的

函数值为 0.9。

通过上面所述的方法确定了一系列灰度变换函数的参数 c 和参数 γ , 从而确定了灰度变换函数。对于图 1 中所选的示例图像, 图 2 中, (a) 是参数 c 为均匀分布且参数 γ 取定值 50 时灰度变换函数曲线示例, (b) 是以图 1 中所示的灰度直方图为基础, 由本文所述方法确定的参数 c 和参数 γ 所对应的灰度变换函数曲线。可以发现, 图 1 (a) 中所示的灰度直方图和图 2 (b) 中所示的函数曲线的分布情况比较一致。这样就能较好地解决使用固定的函数参数所带来的问题。

2.3 建立亮度变换空间

在确定了灰度变换函数后, 就需要利用确定的灰度变换函数对图像进行处理, 对应于不同的参数 c 和参数 γ 得到一系列亮度变换图像, 这些亮度变换图像就构成了待处理图像的亮度空间。

3 特征点提取

利用 PA-IRFET 算法建立亮度空间, 再结合特征点提取算子进行特征点提取。PA-IRFET 变换具有一般性, 可以与不同的特征提取算子相结合使用。在文献[14]中, Gevrekci 和 Gunturk 将 IRFET 与 Harris 算子结合进行实验, 证明了 IRFET-Harris 对亮度变化的鲁棒性优于 Harris 算子、Phase Congruency 算法、SIFT 算法以及 SUSAN 算子。为了便于分析 PA-IRFET 对亮度变化的鲁棒性, 本文也将 PA-IRFET 与 Harris 算子结合进行特征点的提取。

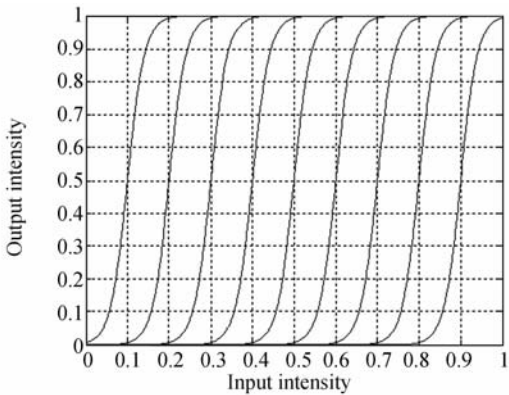
PA-IRFET 结合 Harris 算子提取特征点的方法如下。

(1) 计算亮度空间每层亮度变换图像 $I_c(x, y)$ 在 X 和 Y 两个方向的梯度 I_{cx} 和 I_{cy} , 以及两个方向梯度的乘积 I_x^2 , I_y^2 和 I_{xy} 。

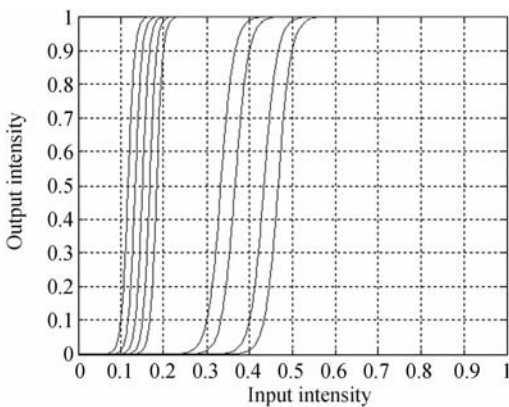
$$\begin{cases} I_{cx} = \frac{\partial I_c}{\partial x} = I_c \otimes (-1 \ 0 \ 1) \\ I_{cy} = \frac{\partial I_c}{\partial y} = I_c \otimes (-1 \ 0 \ 1)^T \\ I_x^2 = I_x \cdot I_x, I_y^2 = I_y \cdot I_y, I_{xy} = I_x \cdot I_y \end{cases} \quad (7)$$

(2) 使用高斯加权函数 $w(u, v)$ 对 I_x^2 , I_y^2 和 I_{xy} 进行高斯加权, 并计算自相关矩阵 $\mathbf{A}(x, y; I_c)$ 。

$$w(u, v) = e^{-\frac{(u-x)^2 - (v-y)^2}{2\sigma^2}}, \quad (8)$$



(a)



(b)

图 2 灰度变换函数曲线

Fig. 2 Curves of gray transform function

$$A(x, y; I_c) = \begin{bmatrix} \sum_w I_{cx}(x, y)^2 & \sum_w I_{cx}(x, y) I_{cy}(x, y) \\ \sum_w I_{cy}(x, y) I_{cx}(x, y) & \sum_w I_{cy}(x, y)^2 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

(3) 计算每层亮度变换图像中每个像素的 Harris 响应值 $R(x, y; c)$ 。

$$R(x, y; c) = \det A(x, y; I_c) - k(\text{trace}A(x, y; I_c))^2. \quad (10)$$

(4) 计算原始图像每个像素的角点响应值 $R(x, y)$ 。

$$R(x, y) = \sum_c R(x, y; c). \quad (11)$$

(5) 剔除小于阈值 t 的 $R(x, y)$, 并在 3×3 的邻域内进行非最大值抑制, 局部最大值点即为所提取的亮度稳健特征点。

4 实验及分析

4.1 实验数据

本文实验采用了三组实验数据, 实验数据一是一组室外的不同亮度的图像, 实验数据二是室内不同亮度的图像, 实验数据三是一组在灯光下的不同亮度的图像。三组实验数据分别如下图 3, 4, 5 所示。

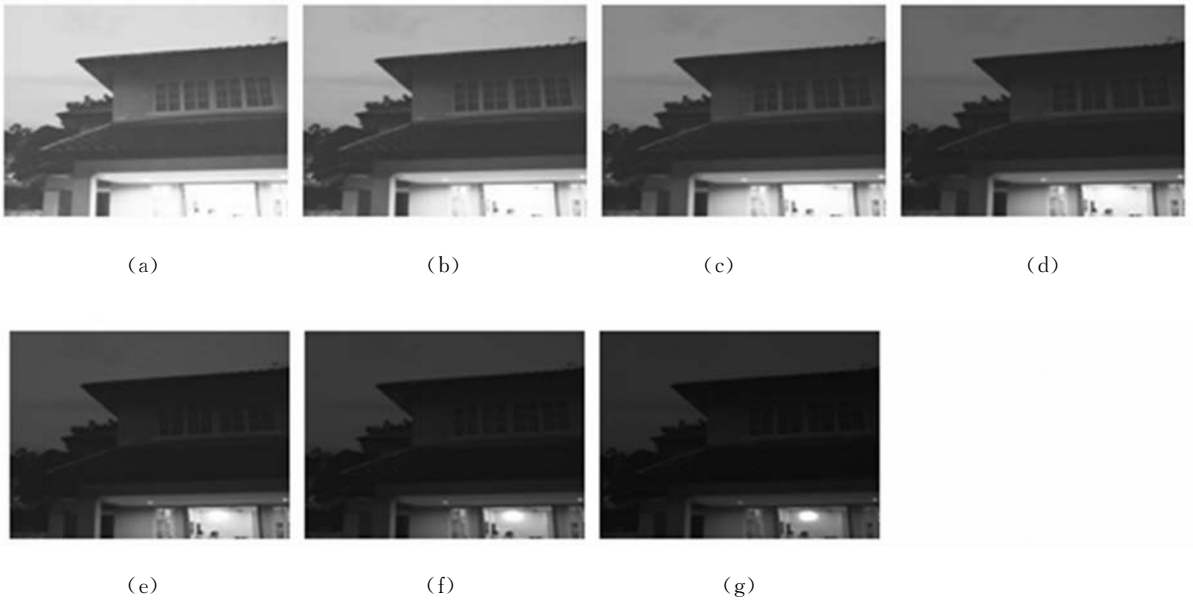
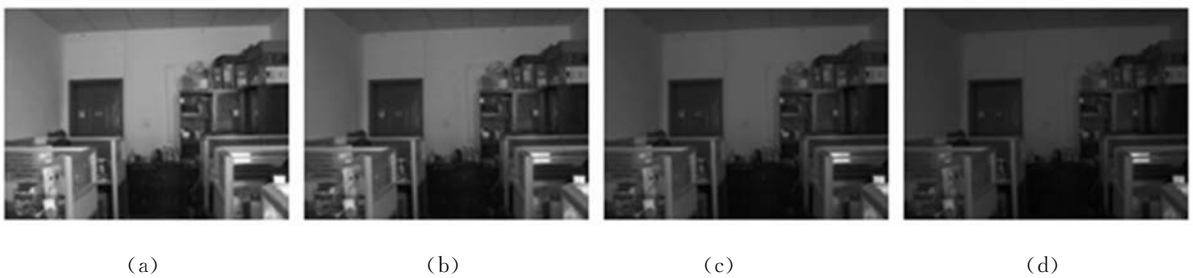


图 3 实验数据一

Fig. 3 Experimental data set 1

在图 3 中, (d) 中的影像为参考影像, (a) (b) (c) (e) (f) (g) 中的影像是分别在 6 个不同的亮度

条件下的影像。影像大小为 $446 \text{ pixel} \times 537 \text{ pixel}$ 。



(a)

(b)

(c)

(d)



图 4 实验数据二

Fig. 4 Experimental data set 2

在图 4 中, (d) 中的影像为参考影像, (a) (b) (c) (e) (f) (g) 中的影像是分别在 6 个不同的亮度条件下的影像。影像大小为 $500 \text{ pixel} \times 375 \text{ pixel}$ 。

在图 5 中, (d) 中的影像为参考影像, (a) (b) (c) (e) (f) (g) 中的影像是分别在 6 个不同的亮度条件下的影像。影像大小为 $500 \text{ pixel} \times 375 \text{ pixel}$ 。

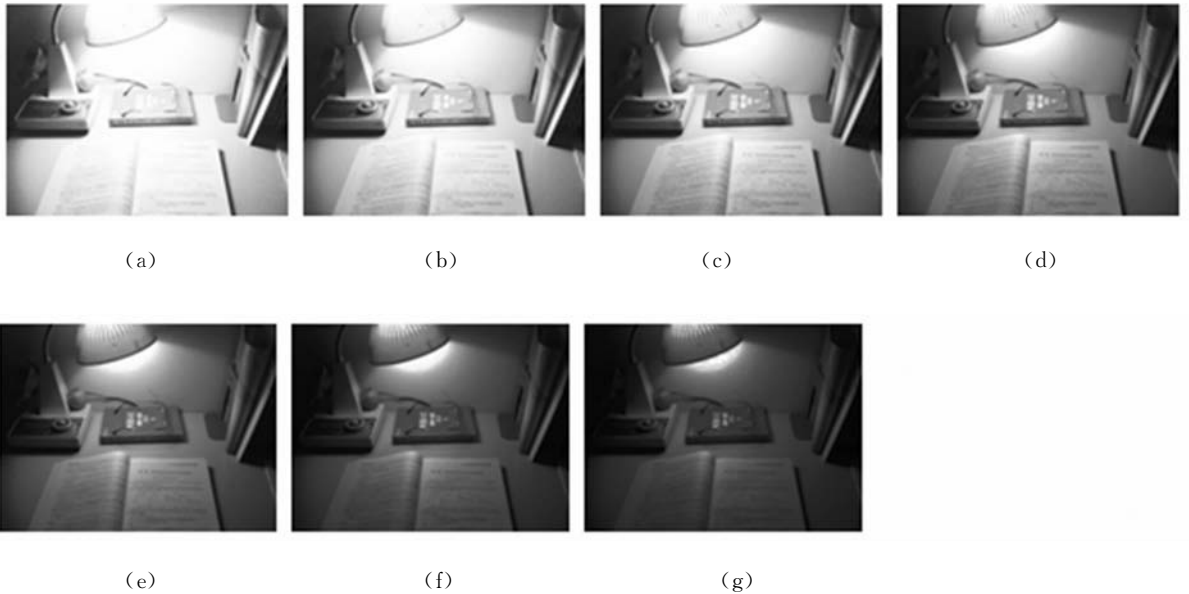


图 5 实验数据三

Fig. 5 Experimental data set 3

4.2 实验参数设置

建立亮度空间时, 灰度变换函数的参数 c 和参数 γ 根据 2.2 中所述的方法自动确定。计算自相关矩阵时, 高斯加权函数选择 7×7 的窗口, 标准差 $\sigma=1$ 。计算每层亮度变换图像中每个像素的 Harris 响应值 $R(x, y; c)$ 时, 设定参数 $k=0.04$, 阈值 t 的大小设定为 $R(x, y)$ 的最大值的 20%, 非最大值抑制时窗口大小选择为 3×3 。

4.3 实验结果及分析

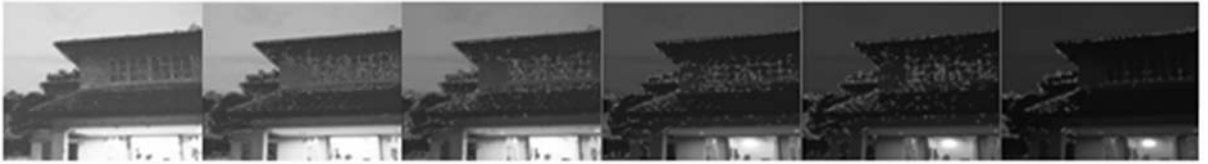
本文实验分为两部分, 第一部分是分别利用

PA-IRFET 和 IRFET 与 Harris 算子相结合对 3 组实验数据进行特征点提取, 并对比两种变换的实验结果, 特征点提取结果如图 6、图 7、图 8 所示, 实验数据对比如图 9 所示。第二部分是统计三组实验数据中不同亮度的图像与参考图像的重复特征点个数, 实验结果如图 10 所示。

在图 6、图 7、图 8 中, (a) 中所示均为 6 幅不同亮度图像中 IRFET 与 Harris 算子相结合提取特征点的结果, (b) 中所示均为 6 幅不同亮度图像中 PA-IRFET 与 Harris 算子相结合提取特征点的结果。



(a)



(b)

图 6 实验数据一特征点提取结果

Fig. 6 Feature extraction results of experimental data set 1



(a)



(b)

图 7 实验数据二特征点提取结果

Fig. 7 Feature extraction results of experimental data set 2



(a)



(b)

图 8 实验数据三特征点提取结果

Fig. 8 Feature extraction results of experimental data set 3

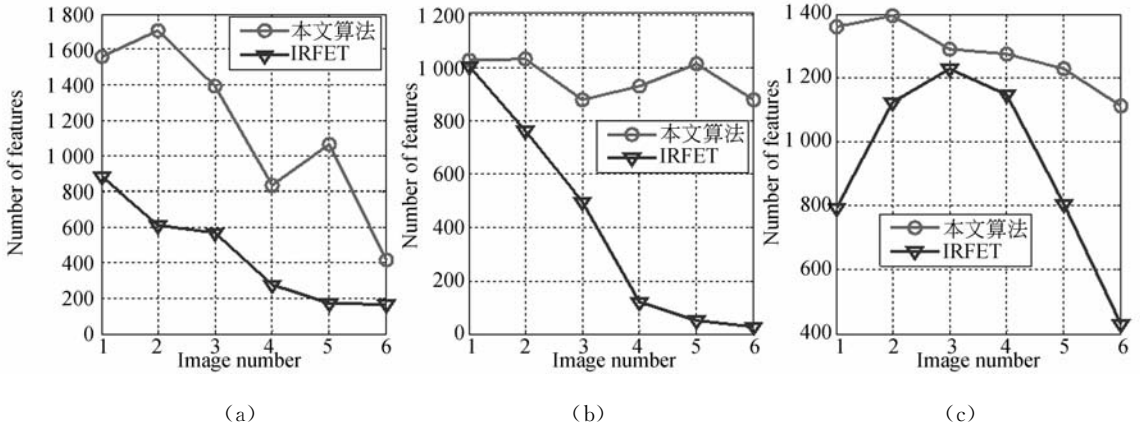


图 9 特征点提取结果数据对比

Fig. 9 Comparison of feature extractions

图 9 中(a)、(b)、(c)所示的曲线分别对应于实验数据一、实验数据二和实验数据三的特征点

提取结果,横坐标表示图像号,纵坐标表示特征点个数(单位:个)。

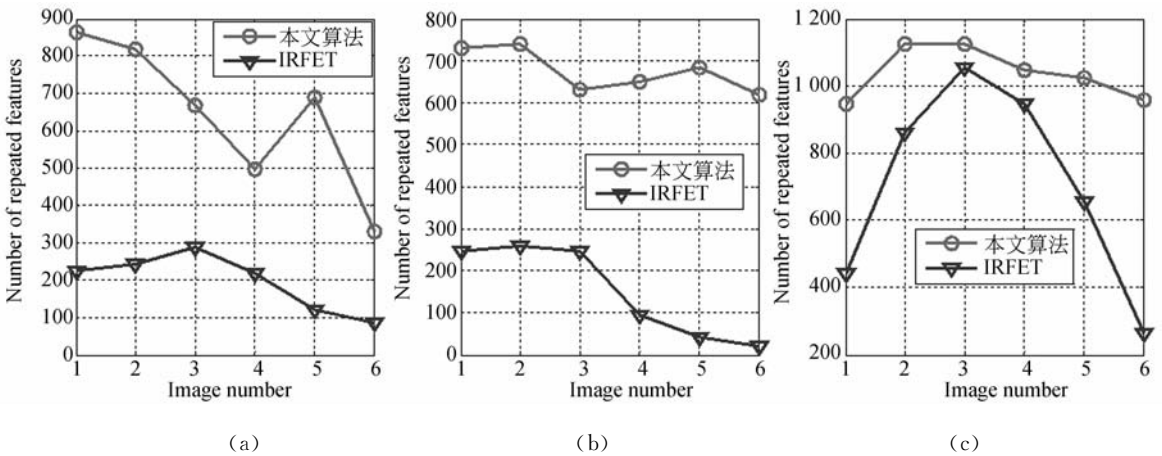


图 10 重复特征点统计结果

Fig. 10 Statistics results of repeated features

图 10 中(a)、(b)、(c)所示的曲线分别对应于实验数据一、实验数据二和实验数据三中参考图像与其它不同亮度的图像的重复特征点统计结果。

重复特征点个数分别提高了 17.02%, 26.74%, 26.68%。

从图 6、图 7、图 8 所示结果图以及图 9 的数据对比中可以看出,利用本文提出的 PA-IRFET 与 Harris 算子相结合对三组实验数据中不同亮度的图像提取的特征点个数都比 IRFET 与 Harris 算子相结合提取的特征点个数有大幅提高。

综合两部分实验结果可以看出,利用 IRFET 与 Harris 算子相结合提取特征点,当图像的亮度降低时,提取的特征点个数将迅速减少,相应的重复特征点个数也将迅速减少。与此相比,利用本文提出的 PA-IRFET 与 Harris 算子相结合提取特征点,提取的特征点个数和重复特征点个数随着图像亮度的降低而缓慢减少。

从图 10 可以看出,本文算法对三组不同亮度的图像提取特征点与参考图像的重复特征点个数都比 IRFET-Harris 算法进行特征提取的重复特征点个数多。三组实验中,每组实验数据的平均

以上分析表明,本文提出的特征提取算法对亮度变化的鲁棒性比 IRFET-Harris 算法对亮度变化的鲁棒性强。在文献[14]中,Gevrekci 和 Gunturk 已经证明了 IRFET-Harris 对亮度变化

的鲁棒性优于 Harris 算子、Phase Congruency 算法、SIFT 算法以及 SUSAN 算子。因此,本文算法对亮度变化的鲁棒性也优于 Harris 算子、Phase Congruency 算法、SIFT 算法以及 SUSAN 算子。

5 结 论

针对目前已有的大多数特征提取算法对于图像亮度变化较敏感的问题,本文提出了一种基于图像灰度直方图整体分布的参数自适应亮度稳健特征变换算法。首先确定灰度变换函数的形式,

然后通过对图像灰度直方图的分析,计算灰度变换函数的参数,利用该函数对图像进行变换建立图像的亮度空间,并结合 Harris 算子进行特征点提取。3 组实验结果中,PA-IRFET 与 Harris 算子结合所检测到的特征点个数都比 IRFET-Harris 所检测到的特征点个数多,特征点的重复个数平均提高了大约 20%。实验结果证明了本文算法对亮度变化的鲁棒性比 IRFET-Harris 算法对亮度变化的鲁棒性强。再结合文献[14],证明了本文算法比目前已有的大多数特征提取算法对亮度变化的鲁棒性强。如何提高算法的仿射不变性将是作者下一步的研究重点。

参考文献:

- [1] YANG Y L, LIU W L, ZHANG L. Study on improved scale Invariant Feature Transform matching algorithm [C]. *Circuits, Communications and System*, 2010 *Second Pacific-Asia Conference*, 2010: 398-401.
- [2] LI CH, ZHOU Y. 3D auto-reconstruction for street elevation based on line and plane feature [C]. *Computer and Automation Engineering*, 2010 *The 2nd International Conference*, 2010: 460-466.
- [3] JIANG R M, CROOKES D, LUO N, et al.. Live-Cell tracking using SIFT features in DIC microscopic videos [J]. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2010, 57(9): 2219-2228.
- [4] KRIZAJ J, STRUC V, PAVESIC N. Adaptation of SIFT features for face recognition under varying illumination [C]. *MIPRO*, 2010 *Proceedings of the 33rd International Convention, Opatija, Croatia*, 2010: 691-694.
- [5] MORAVEC H P. *Towards Automatic Visual Obstacle Avoidance* [M]. Int. Joint conf. Of Artif. Intelligence, 1977.
- [6] HARRIS C, STEPHENS M. A combined corner and edge detector [C]. *Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference*, 1988: 147-152.
- [7] MIKOLAJCZYK K, SCHMID C. Scale and affine invariant interest point detectors [J]. *International Journal of Computer Vision*, 2004, 60(1): 63-86.
- [8] KOVESI P. Image features from phase congruency [J]. *Videre: Journal of Computer Vision Research*, 1999, 1 (3): 1-26.
- [9] SMITH S, BRADY J. Susan: a new approach to low-level image-processing [J]. *International Journal of Computer Vision*, 1997, 23(1): 45-78.
- [10] LOWE D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints [J]. *International Journal of Computer Vision*, 2004, 60(2): 91-110.
- [11] 纪华, 吴元昊, 孙宏海, 等. 结合全局信息的 SIFT 特征匹配算法 [J]. *光学精密工程*, 2009, 17(2): 439-444.
- [12] 杨晓敏, 吴炜, 卿飙波, 等. 图像特征点提取及匹配技术 [J]. *光学精密工程*, 2009, 17(9): 2276-2282.
- [13] YANG X M, WU B, QING L B, et al.. Image feature extraction and matching technology [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2009, 17(9): 2276-2282. (in Chinese)
- [14] MATAS J, CHUM O, URBAN M, et al.. Robust wide-baseline stereo from maximally stable extremal regions [J]. *Image and Vision Computing*, 2004, 22(10): 761-767.
- [15] YU G, MOREL J M. A fully affine invariant image comparison method [C]. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 2009: 1597-1600.
- [16] MOREL J M, YU G. ASIFT: a new framework

for fully affine invariant image comparison [J]. *SIAM Journal on Imaging Sciences*, 2009, 2(2): 1-31.

[16] MURAT G, BAHADIR K. Illumination robust interest point detection [J]. *Computer Vision and Image Understanding*, 2009, 113:565-571.

作者简介:



陈敏(1986—),男,四川乐山人,博士研究生,2009年于武汉大学获得学士学位,主要从事图像特征提取、匹配等方面的研究。E-mail: chenminzs@163.com



邵振峰(1976—),男,河南新县人,博士,教授,博士生导师,1998年于武汉测绘科技大学获得学士学位,2001年、2004年于武汉大学分别获得硕士、博士学位,主要从事高分辨率遥感影像处理与分析、对地观测传感网与空间信息智能服务等方面的研究。E-mail: shaozhenfeng@163.com

● 下期预告

空间相机大功率 CCD 器件热设计与热试验

陈立恒,李延春,罗志涛,董吉洪,徐抒岩

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130033)

为了解决空间相机大功率 CCD 器件的散热问题,对其进行了热设计,同时,为了验证其热设计的合理性,设计并进行了 CCD 焦面组件的热试验。首先,介绍了以传导为主要散热措施的 CCD 器件热设计方案,CCD 器件的热量主要通过热管传递到冷源,然后,针对整个焦面组件进行了试验规划,特别对于模拟冷板进行了专门设计,最后在真空环境条件下进行了整个试验。试验结果表明,功耗为 10 W 的 CCD 器件连续工作 70 min 时,在有 12 °C 冷源的情况下,能够控制焦平面器件小于 35 °C。该试验能够说明 CCD 焦面组件热设计的合理性,同时为焦面组件热分析计算模型修正提供了依据。