

基于 SIFT 特征点检测与维纳滤波的图像复原算法^{*}

方小艳

(陕西工业职业技术学院 咸阳 712000)

摘要: 为了解决当前图像局部模糊程度不一,导致图像复原效果欠佳,本文分别从图像特征点检测与滤波复原的角度出发,提出了基于 SIFT 特征点检测与维纳滤波的图像复原算法。根据尺度空间极值特性,进行关键点定位和方向分配,设计特征点描述子,得到模糊图像特征点分布,以建立圆盘复原模型中心坐标。基于点扩散圆盘函数特性,耦合傅里叶变换和最小二乘滤波,设计了无约束维纳滤波算子,达到图像复原处理的目的。根据特征角点定位,引导复原滤波圆盘函数计算起始位置,完成图像复原。实验测试结果显示,与当前复原算法相比,本算法拥有更高的复原视觉质量。

关键词: 图像复原;特征点检测;维纳滤波;圆盘函数;最小二乘滤波;傅里叶变换

中图分类号: TP391;TN919.81 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

Image restoration algorithm based on SIFT feature point detection and wiener filtering

Fang Xiaoyan

(Shanxi Polytechnic College, Xianyang, Shanxi, 712000, China)

Abstract: In order to solve the current local blur degree, resulting in poor effect of image restoration, this paper recovered from image feature point detection and filtering angle, proposed image restoration algorithm SIFT feature point detection and based on Wiener filter. First of all, according to the characteristics of the scale space extrema, key point positioning and direction of distribution, the design of feature descriptor, fuzzy image feature point distribution, to establish the coordinates of the center of the purpose of disc restoration model. Then, based on the characteristics of the point spread disk function, coupled with Fourier transform and least squares filtering, an unconstrained Wiener filter operator is designed to achieve the purpose of image restoration. Finally, according to the characteristics of the corner location to guide the restoration of the filter disk function to calculate the starting position, based on software engineering to achieve the restoration algorithm. The experimental results show that compared with the current restoration algorithm, the restoration technique has higher accuracy and stability.

Keywords: image restoration; feature point detection; wiener filter; disk function; least square filter; fourier transform

1 引言

在制造过程中,需要采用工业相机对材料进行拍照,图像分析,对材料进行视觉测量、外观检查和机器识别,最终达到提高生产效率和产品质量的目的^[1-2]。键盘按键外观检查是电脑产品制造过程中重要的环节,国内大多数厂家也使用相机模组进行图像采集,但是由于现场环境限制,得到的图像往往存在不同程度的低对比度或者模糊,影响后期图像分析检查的效果。

在图像复原方面,国内研究人员已经取得了一定研究成果,如张俊峰等人^[3]提出了基于先验信息的全变分图像

复原算法,采用能够有效保护滤波后图像结构信息的非局部均值算法对模糊退化图像进行滤波以减少其中所含噪声,获取滤波后的先验图像信息;然后构建基于该先验信息的全变分图像复原模型,该模型不仅保留了全变分模型对复原图像边界信息的保护优势,也保留了非局部均值的结构信息保护优。但是,此技术从全局图像进行复原处理的影响,往往兼顾局部细节。张静^[4]提出了小波框架中改进的平滑算法的图像复原,首先分别检测高斯函数近似代替范数,提出了改进的平滑的图像复原模型;通过牛顿迭代法使小波系数到达最小,实验结果表明,与 PD 和 MDAL 算法相比,提出的改进模型能够明显改善图像的视觉效果,且

收稿日期:2017-02

^{*} 基金项目:陕西工业职业技术学院自然科学研究计划项目(ZK13-23)资助

具有较高的峰值信噪比 (PSNR)。然而,这种技术仅考虑图像特征角点与复原模型的耦合性,往往不能达到重复复原图像的目的。

为了提高键盘按键成像质量,达到图像复原为目的,本文提出了基于 SIFT 特征点检测与维纳滤波的图像复原算法,并编程实现与验证本文算法效果。

2 本文图像复原算法

特征是独特的具体模式,并易于跟踪和比较;特征所在区域称为片元,片元向任意方向移动,片元内容会发生变化且容易被定为,因此优质特征是可以容易被定位从而容易被跟踪的特征^[5]。该算法包括:1)基于 SIFT 特征点检测,实现键盘按键特征角点,以其作为图像复原函数的起始扩散坐标,提高图像复原的效果;2)分析维纳滤波原理,结合最小二乘法与傅里叶变换,达到图像滤波,滤除噪声的目的。最终实现算法,并结合摄像头图像采集,构成完整的图像复原系统,整体逻辑架构如图 1 所示。

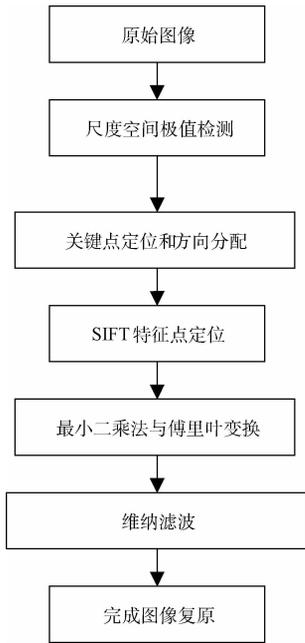


图 1 本文机制架构

2.1 基于 SIFT 的弱特征点检测与描述

本研究的定位对象是制造现场的键盘按键,由于现场条件有限,往往存在光照或者异物干扰,加之按键本身特征偏弱,因此在一次检测中选用 SIFT。尺度不变特征变换 (scale invariant feature transform, SIFT) 即,性质具有:对目标缩放旋转具有不变性;对三维视角和光照变化具有部分不变性;大部分关键点可从单帧图像中获取^[6]。实现步骤为:首先计算图像二次导数,即拉普拉斯,定位有利于搜索关键点的边缘和角点:

$$D(x, y, \sigma) = (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) * I(x, y) \quad (1)$$



图 2 原图

式中: k 代表恒定乘机因子,代表尺度空间中每幅图像的模糊量, $I(x, y)$ 代表原图, $G(x, y)$ 代表一阶图像分别如图 2、3 所示。尺度空间指用计算关键点的被放大或缩小的图像集合,由式(1)的结果即拉普拉斯差分,获得图像尺度不变性。由于空间极值可能存在于像素之间,故采用泰勒级数展开尺度空间函数:

$$D(x) = \frac{\partial D}{\partial x} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 D}{\partial x^2} x^T x \quad (2)$$

通过极值点计算,得关键点。为了消除伪关键点,计算两个正交梯度,建立优化矩阵,数学模型如下:

$$H = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{xy} & D_{yy} \end{bmatrix} \quad (3)$$

上式代表建立尺度空间函数的偏导矩阵,去除伪关键点:

$$D' = H^T H D \quad (4)$$

式中: D' 为去除伪关键点的尺度空间关键点表达式。为达到尺度方向不变性目的,计算幅值与方向:

$$m(x, y) = \sqrt{(I(x+1, y) - I(x-1, y))^2 + (I(x, y+1) - I(x, y-1))^2} \quad (5)$$

$$\theta(x, y) = \frac{(I(x+1, y) - I(x-1, y))}{(I(x, y+1) - I(x, y-1))} \quad (6)$$

式(5)中: m 代表关键点幅值, θ 代表关键点方向,获得关键点尺度旋转方向性,构成关键点描述子。



图 3 SIFT 特征点检测结果

2.2 基于维纳滤波的图像复原

以图像特征角点作为复原函数起始坐标。维纳滤波是

一种最小二乘滤波,为原始图像与复原图像之间的最小均方误差^[7-8]:

$$g(x,y) = \iint f(a,b)h(x-a,y-b)dad b + n(x,y) \quad (7)$$

式中: $f(x,y)$ 代表原始图像, $g(x,y)$ 代表退化图像, $n(x,y)$ 为图像噪声, h 函数为随机场,即点扩散函数:

$$h = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

因此给定 $g(x,y)$, 仍不能求解 $f(x,y)$, 只能找出估计值,使其均方误差最小如下^[9]:

$$e^2 = E\{[f(x,y) - \bar{f}(x,y)]^2\} \quad (9)$$

e^2 代表最小均方误差, \bar{f} 代表 f 的估计值,即给定 $g(x,y)$ 对 $f(x,y)$ 的最小二乘估计,进行傅里叶变换转换为频域计算,所以误差函数最小值在频域内计算如下:

$$F(u,v) = \frac{|H(u,v)^2 G(u,v)|}{H(u,v)H(u,v)^2 + S_n(u,v)/S_f(u,v)} \quad (10)$$

式中: $H(u,v)$ 代表圆盘点扩散函数的傅里叶变换, $S_n(u,v)$ 代表噪声功率谱, $S_f(u,v)$ 代表未退化图像功率谱。

随后,再进行傅里叶逆变换^[10]得:

$$f(x,y) = F^{-1}[F(u,v)] \quad (11)$$

式中: $f(x,y)$ 代表复原后的图像,如图 4 所示。



图 4 图像复原结果

3 实验与讨论

为了体现本文算法的优势,将图像复原性能较好的技术文献[3]、文献[4]设为对照组,本文系统基于 VS2010 平台和 C++ 语言开发实现,算法实验参数如:尺度空间变换矩阵为[10, 17, 63, 29],最小均方误差为 0.92。如图 5 所示,按键图像存在一定程度的低对比度和模糊度。

本文图像复原系统,首先结合关键点位置测量与描述子模,进行 SIFT 特征点检测,达到键盘按键特征点的定位,作为后续图像复原起始坐标的依据,如图 6 所示,可见本研究准确检测到按键字母位置。然后基于维纳滤波,结



图 5 原始图像

合最小二乘法与傅里叶变换的图像复原,效果如图 7 所示,可见本研究复原效果明显。



图 6 特征点检测结果



图 7 本研究复原结果

而利用文献[3]技术复原图 5 时,通过采用非局部均值算法对模糊退化图像进行滤波,再基于该先验信息的全变分图像复原模型进行复原,但是,此技术是从全局图像进行复原,难以兼顾局部细节,如图 8 所示,图像存在模糊和低对比度问题。

利用文献[4]技术对其进行处理时,由于该技术是通过牛顿迭代法使小波系数到达最小,从而提高其复质量。然而,这种技术仅考虑图像特征角点与复原模型的耦合性,往往不能达到重复复原图像的目的,如图 9 所示,图像的对比较低。



图8 文献[3]复原结果



图9 文献[4]复原结果

为了量化本文算法、文献[3]、文献[4]3种复原技术之间的差异,本文利用PSNR对其复原结果进行评估,其计算模型为^[11]:

$$\text{PSNR} = 10 \log \frac{MN(255 \times 255)}{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [S_1(i, j) - S_2(i, j)]^2} \quad (12)$$

在式(12)中,PSNR是复原图像的信噪比;MN是图像尺寸; $S_1(i, j)$ 是理想图像在 (i, j) 处的像素灰度; $S_2(i, j)$ 是复原前图像在坐标 (i, j) 的像素灰度。

3种算法的复原图像的PSNR值见如图10。依图可知,本文算法的复原图像具有更高的视觉质量,其PSNR值最大,稳定PSNR值约为36.25 dB,而文献[3]、文献[4]两种算法的PSNR值均要低于于本文算法,分别为35.14、33.97 dB。

4 结 论

为了解决当前复原算法普遍采用全局复原的函数模型,当图像局部模糊程度不一的情况下,导致图像复原效果欠佳的问题,本文分别从SIFT特征点检测与维纳滤波的角度出发,提出了基于SIFT特征点检测与维纳滤波的图像复原算法。基于尺度空间极值点与关键点,设计描述子,完成SIFT特征点检测;然后根据特征点坐标,结合最小二乘法与傅里叶变换,推导维纳滤波,最终完成键盘按键图像复原。实验结果表明:本研究的图像复原方法具有更好的复原效果。

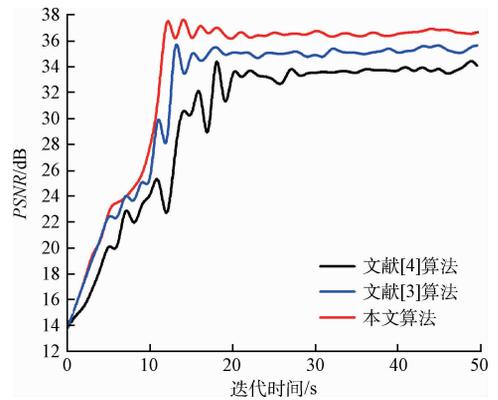


图10 3种算法的复原图像PSNR测试结果

参考文献

- [1] 陈健, 王伟国, 陈长青. 基于区域选择的快速POCS超分辨率复原算法研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 38(6): 804-815.
- [2] 李晖晖, 钱林弘, 杨宁. 基于边缘预测和稀疏约束的湍流图像盲复原[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(4): 721-728.
- [3] 张俊峰, 罗立民, 舒华忠. 基于先验信息的全变分图像复原算法[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2016, 3(11): 171-176.
- [4] 张静. 小波框架中改进的平滑算法的图像复原[J]. 计算机应用, 2016, 8(5): 142-147.
- [5] PRIBYL B, CHALMERS A, ZEMČÍK P. Evaluation of feature point detection in high dynamic range imagery[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2016, 18(9): 283-287.
- [6] 张维坤, 叶伟, 劳国超. 基于SIFT特征的SAR图像飞机目标匹配分类方法研究[J]. 国外电子测量技术, 2016, 11(8): 19-21.
- [7] 李亚文. 基于频域滤波的视频图像帧复原技术研究[J]. 电子测量技术, 2016, 39(8): 100-103.
- [8] MBARKI Z, SEDDIK H, BEN BRAIEK E. A rapid hybrid algorithm for image restoration combining parametric wiener filtering and wave atom transform[J]. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2015, 33(7): 1011-1017.
- [9] 张素琦. 混合高阶全变差正则化的运动模糊图像盲复原[J]. 计算机应用与研究, 2016, 21(17): 216-219.
- [10] CHANG L H, FENG X CH, LI X P. A fusion estimation method based on fractional Fourier transform [J]. Digital Signal Processing, 2015, 11(2): 171-176.
- [11] HUANG J, HUANG T Z, ZHAO X L. Two soft-thresholding based iterative algorithms for image deblurring[J]. Information Sciences, 2014, 271(1): 179-195.

作者简介

方小艳, 硕士, 讲师, 主要研究方向为图像处理、数据库、软件工程。

E-mail: fangxuyan1977sx@163.com