

基于改进样本块的数字图像修复算法研究及 GUI 设计^①

徐 溪, 刘雅楠, 李靖宇, 刘 铭, 臧浩男

(齐齐哈尔医学院 医学技术学院, 齐齐哈尔 161021)

摘 要: 针对现有基于样本块图像修复算法中修复块优先级判断不准确、界面操作复杂等问题, 本文引入主体构造概念, 同时利用图形用户界面 GUI 进行操作. 本文算法以 Matlab7.11 为平台, 通过人工操作选定修复区域, 经高斯滤波, 小波变换与边缘检测得到主体构造, 进而判断优先级, 最后采用样本块修复算法更新自信度, 完成修复. 实验结果表明, 修复后图像峰值信噪比提高了 10.5~11.07%, 且操作过程简便, 适用范围广泛.

关键词: 图像修复; 主体构造; 样本块; GUI

Digital Image Restoration Algorithm Research Based on Improving the Sample Block and GUI Design

XU Xi, LIU Ya-Nan, LI Jing-Yu, LIU Ming, ZANG Hao-Nan

(School of Medical Technology, Qiqihar Medical University, Qiqihar 161021, China)

Abstract: In order to solve the problem of inaccurate priority judgment and complex operation interface and other issues of the existing image restoration algorithm based on sample block, the thesis introduces the concept of the body structure and takes advantage of the graphical user interface (GUI) to operate. The algorithm gets the body structure through artificial selection of repaired area, the Gaussian filter, wavelet transformation and edge detection on the platform of Matlab7.11. Then determine the priority, and finally use the sample block repair algorithm to update self-confidence to finish the completion of restoration. According to the experimental results, the PSNR increases by 10.5~11.07% after restoration, in addition, the algorithm operates simply and will get wide range of applications.

Key words: image restoration; body structure; sample block; GUI

1 引言

所谓图像修复, 即对图像缺失部分进行信息填补, 使其恢复原貌, 最早起源于欧洲文艺复兴时期. 在当时, 人们根据自己的想象力对缺失、损坏的艺术作品进行修复, 由于整个过程均是手工完成, 稍有不慎便会对其造成不可挽回的损失, 因此随着科技的进步, 图像修复也逐渐从人工转向数字化, 我们只要对待修复的艺术作品进行扫描, 通过计算机就可以完成复杂的修复过程, 最早将图像修复与计算机结合, 提出数字图像修复概念的是 Bertalmio 等人^[1].

自提出数字修复图像技术以来, 国际上陆续出现了针对小范围缺失图像的修复算法. 首先出现的是由

缺失区域边缘信息向内扩散填充的基于偏微分方程 (PDE) 算法. 2000 年, Bertalmio 等人^[1]又模拟人工修复过程, 提出基于 BSCB(Bertalmio-Sapiro-Caselles-Bellester)模型^[1]的算法. 之后, Chan 等人^[2]结合欧拉—拉格朗日方程提出基于整体变分(total variation, TV)模型的修复算法. 后来为解决 TV 模型算法不能直接修复断裂边缘的问题, Chan 等人又将等照线度方向的几何曲率信息增加到 TV 模型的基础上, 由此提出了基于曲率驱动扩散模型(curvature-driven-diffusion, CDD)^[3]的修复算法, 修复效果较 TV 模型有明显改善. 另外, 由于一幅图像同时包含结构和纹理信息, 所以提出了根据纹理信息的算法来修复大范围缺失的图像, 其核

^① 基金项目: 2014 年黑龙江省大学生创新创业训练计划项目(201311230111)

收稿时间: 2015-10-16; 收到修改稿时间: 2015-11-25 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005199]

通讯作者: 刘雅楠, E-mail: xiaofeng_6387@126.com

心思想是根据图像的纹理特征, 在已知区域搜寻最佳匹配块(与待修复区域边界上优先权最高点所属纹理块最相似的块)填充待修复区域. 因此, Criminisi 等人根据上述纹理特征于 2003 年提出基于样本块的图像修复算法^[4], 利用与边界最高优先级为中心块的相似匹配块对待修复区域进行填充, 并不断更新置信度, 完成图像修复. 此外, 后来还提出了经过小波变换函数将图像分为高频与低频成分并对两者区别处理的图像修复算法, 使图像修复技术有了更大的飞跃.

本文针对上述 Criminisi 等人提出的基于样本块的图像修复算法中计算修复块优先级时存在判断不准确的问题, 引入了主体构造概念, 以提高优先级计算的准确性, 并不断更新置信度进而提升修复质量.

2 Criminisi修复算法介绍

Criminisi 等人^[5]提出的基于样本块的图像修复方法, 立足点在于样本块包含纹理与结构信息. 其算法思想是: 把在图像已知区域中包含结构、纹理信息的像素点拷贝到目标区域, 再通过改变像素排列顺序得到区域间的结构信息. 另外, 计算所有待修复块(以待修复区域边界上像素点为中心、确定大小的相邻域和像素点)的优先级, 优先级高的待修复块中的像素被优先填充.

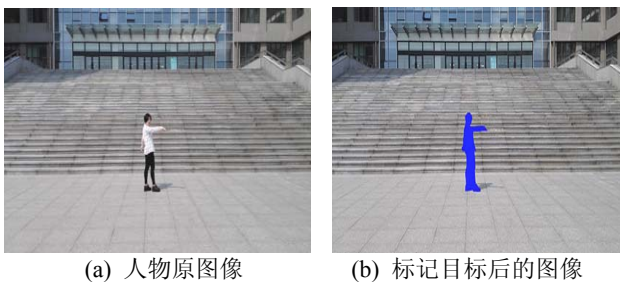
3 本文算法及步骤介绍

本文针对上述基于样本块修复算法中修复块优先级的计算不准确问题, 引入了主体构造概念, 通过去除纹理边缘的干扰, 来提高优先级计算的准确性, 更优化地更新置信度, 完成图像的修复.

本文修复算法主要步骤如下:

3.1 标记待修复区域

对于待修复的破损图像, 本文采用人工标记法将待修复的区域标记成一种指定的颜色, 图 1 中(b)、(d)是标记的待移除物体.



(c) 电线杆原图像 (d) 标记目标后的图像

图 1 图像标记前后对比

3.2 处理得图像主体构造

(1) 经 3.1 标记后的图像包含大量信息, 但去除图像细节、颜色后得到的主要框架即主体构造主体构造是有限可提取的. 因此, 本文算法着重于通过主体构造, 辅助确定待修复区域像素点优先级. 但鉴于主体结构存在于大量的干扰背景中, 我们可以忽略不重要的边缘和结构信息, 以达到区分目的, 因此先进行高斯滤波, 其表达式定义为:

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\delta}}, (\delta = 2) \quad (1)$$

(2) 图像经由式(1)高斯滤波平滑后, 可由 Canny 算子中一阶导数极大值得到边缘点, 再经由文献[6]中的小波变换结合小波重构函数抽象其边缘, 将图像的主体构造提取出来, 得到如图 2 所示结果.



图 2 待修复物体移除后剩下破损区域的主体构造

3.3 确定待修复块的优先级

给定一点 p 为待修复区域 Ω 边缘上的一个像素点, 即 $p \in \delta\Omega$, 则优先级定义为:

$$P(p) = C(p)D(p) \quad (2)$$

上式中, $C(p)$ 为已知像素占样本中总像素的百分比, 即像素置信度. $D(p)$ 为某像素处等照度线法向量

的点积,即像素数据值^[7].经式(2)所求 $P(p)$ 最大值对应的像素 p 的邻域即为待修复像素块^[8].由于上述 3.2 处理后所得的主体构造为图像主要的边缘,其线状结构强,因此像素数据值较别处更高,所以沿主体构造方向同时和待修复区域相交边缘的像素点优先级相对更高,如图 3 所示,从而准确判断修复次序,达到最优修复效果.

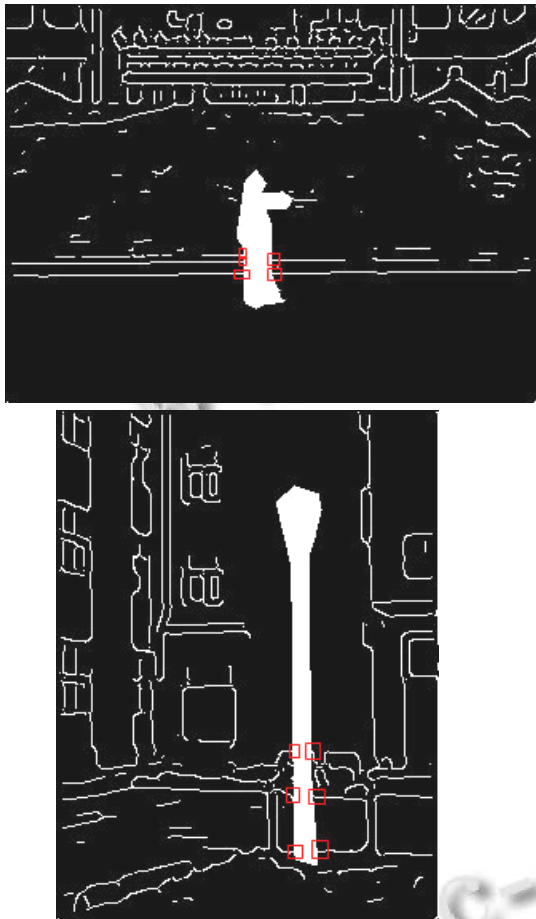


图 3 结合主体构造确定优先级较高像素点

3.4 搜索最佳匹配块

由 3.3 得出待修复边缘像素点的优先级,将其中优先级最高的待修复块作为样本 Ψ_p^{\wedge} ,在已知区域搜索满足式(3)匹配原则的匹配块 Ψ_q^{\wedge} ,再将匹配块上像素值对应填充到待修复块中.

$$\Psi_q^{\wedge} = \arg \min d(\Psi_p^{\wedge}, \Psi_q), \Psi_q \in \phi \quad (3)$$

上式中, Ψ_q 为已知区域中任一像素点.

3.5 更新置信度

优先级最高的像素块经 3.4 填充后,被填充的像素

点变为已知区域,再对填充后的置信度进行更新,得到新的优先权和匹配块,即依次重复 3.3、3.4、3.5 以不断填充待修复区域^[9,10].经过上述置信度的迭代不间断更新,最终完成所有待修复区域的修复,结果如图 4 所示.



图 4 图像修复前后对比

4 基于图像用户界面 GUI 操作

为了使修复过程可视化、操作简便、视觉上更容易接受,我们把图形用户界面与图像修复算法结合在一起使用.图形用户界面(Graphical User Interface, GUI),即采用图形方式显示的人机交互用户界面.在功能上,它不需要用户写入代码,只需要使用鼠标操作图标或菜单选项,大大降低对用户的要求,扩展了使用人群.下面我们将对本 GUI 界面及功能实现进行介绍:

4.1 用户图形界面布局

界面分为位于左侧的显示区域和位于右侧的操作区域.显示区域分别用于呈现原图与处理后图像,操作区域用于执行功能对图像进行处理^[11].

4.2 功能介绍

① 显示图像由以下步骤实现:

```
[filename,pathname]=uigetfile({'*.jpg','*.bmp','*.tif','*.*'});
打开存放图像路径, file=[pathname,filename];
x=imread(file); 选择待修复图像并读取, imshow(x)显
```

示图像;

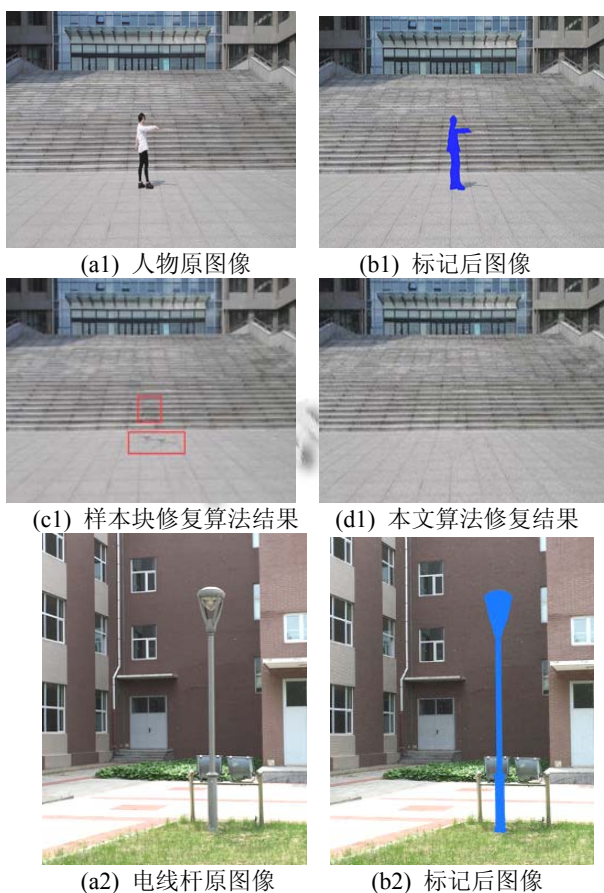
② 保存处理所得图像由 [sfilename, sfilepath]=uiputfile({'*.jpg';*.bmp';*.tif';*.*'}) 保存图像文件 'untitled.jpg') 选择保存路径与格式; sfilename=[sfilepath, sfilename]; imwrite(handles.img, sfilename); 保存图像;

③ 由于处理过程中经常需要对图像进行灰度处理, 故引用 rgb2gray(X) 函数完成对目标图像到灰度图像的转化;

④ 通过 f=edge(handles.img, 'canny') 实现边缘信息的获取, 再通过 inpainting() 实现图像修复.

5 实验结果与分析

为验证本文所提方法的可靠性, 本文以 Matlab7.11 为平台, 在内存为 1GB、CPU 为 P7350 2.00GHz 的计算机上对自行实际拍摄的照片进行处理. 通过对图片进行高斯滤波、主体构造提取、图像修复等操作, 完成对破损图像的修复. 为更好地说明本文算法的优越性, 我们把本文算法与样本块修复算法^[5] 结果进行比较, 结果如图 5 所示.



(c2) 样本块修复算法结果 (d2) 本文算法修复结果
图 5 样本块修复算法与本文算法修复结果对比

由图 5 中(c1)与(d1)对比可得, 在移除人物时, 样本块修复算法较本文算法结果在修复处留下了灰色残留阴影, 并不能完全去除修复痕迹, 同时, 在台阶处有明显接缝, 不能与原台阶紧密结合, 因而使修复效果大打折扣. 另外, 由(c2)与(d2)对比, 在移除电线杆时, 图(c2)样本块修复算法结果中仍然留有灯头、灯杆和底座的痕迹, 而(d2)中本文算法修复结果毫无残留, 也没有边缘的层次感, 几乎完全移除了目标物, 较原始算法有很大改进, 修复效果非常好.

上述实验结果表明, 本文算法引入的提取主体构造方法, 对基于样本块修复算法中修复块优先级的判断进行了有效的优化, 显著提升图像置信度更新的准确性, 降低了由于纹理因素导致的误差, 在一定程度上提高了图像修复效果, 同时结合 GUI 使修复过程, 运行界面如图 6(a)、6(b)所示, 使操作简单易行, 缩短了运行时间, 降低操作复杂度, 提高了工作效率. 但本文算法依旧存在不足: 主体结构提取过程中精确度不高, 导致提取结果不细腻, 细节不能全部体现, 最终容易造成复杂图像修复结果的不理想; 在确定优先级方面, 纹理信息较少导致误差较大, 依然需要改进.



(a) 运行界面一



(b) 运行界面二

图6 GUI设计界面

表1的数据为人物和电线杆图片实验的峰值信噪比,从中可以看到,在图像视觉效果较优的情况下,本文算法峰值信噪比高于Criminisi算法.峰值信噪比(PSNR)越高,则图片的失真效果就越少,图片的质量也越优.

表1 PSNR统计表

实验名称	PSNR统计值/dB	
	Criminisi算法	本文算法
人物图片	35.10dB	45.60dB
电线杆图片	37.25dB	48.32dB

6 总结

本文对原有的基于样本块图像修复算法进行改进,通过高斯滤波与小波变换提取主体构造,然后判断优先级,再采用基于样本块的图像修复技术对图像待修复区域按照优先级顺序进行修复,最后更新置信度完成修复工作.同时,本文将图形用户界面GUI与修复算法结合,使界面更友好简洁,以便更便捷的应用于古字画、破损文件修复及目标移除等方面.综上所述,本文方法修复效果良好,操作过程简便,适用范围广泛.

参考文献

- Bertalmio M, Sapiro G, Caselles V, et al. Image inpainting. Proc. of International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. New Orleans, Louisiana, USA. 2000. 417-424.
- Chan TF, Shen JH. Mathematical models for local non-texture inpainting. Society for Industrial and Applied Mathematics, 2002, 62(3): 1019-1043.
- Chan TF, Shen JH. Non-texture inpainting by curvature-driven diffusions(CDD). Journal of Visual Communication and Image Representation, 2001, 12(4): 436-449.
- Criminisi A, Perez P, Toyama K. Object removal by exemplar-based inpainting. Proc. of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision, and Pattern Recognition. Monona Terrace Convention Center Madison. Wisconsin, USA. 2003, 2: 18-20.
- Criminisi A, Perez P, Toyama K. Region filling and object removal by exemplar-based image inpainting. IEEE Trans. on Image Processing, 2004, 13(9): 1200-1212.
- Mallat SG, Zhong S. Characterization of signals from multi-scale edges. IEEE Trans. Pattern Anal Machine Intell, 1992, 11(7): 710-732
- 张绚,尹立新,李振杰.一种改进的基于样例的图像修复算法.计算机应用与软件,2014,31(10):216-219.
- 郭勇,王梅.基于改进样本块的数字图像修复算法研究.软件导刊,2013,10(12):157-158.
- 吴晓军,李功清.基于样本和线性结构信息的大范围图像修复算法.电子学报,2012,8(8):1509-1514.
- 刘业妃,王福龙,奚祥艳,刘志煌.改进的Criminisi图像修复算法.小型微型计算机系统,2014,35(12):2754-2758.
- 邢文博,蒋敬.基于Matlab开发数字图像处理GUI.电气电子教学学报,2013,35(6):107-115.