

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2012 3
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012 年 3 月 第 17 卷 第 3 期(总第 191 期)

目 次

图像处理和编码

摄影测量共线方程的单位四元数描述	杨化超,卢晓攀,王永波,姚国标(301)
分形压缩感知高维信号重构方法	刘佑鑫,孙权森(309)
自适应子矢量划分的快速码字搜索算法	吴鑫鹏,潘志斌,李达(315)
基于人类视觉模型的各向异性扩散滤波方法	宋建军,侯志强,余旺盛(321)
整数提升小波多相矩阵分解系数的快速提取算法	王锋,赵志文,牟盛(329)
自适应样本块大小的图像修复方法	孟春芝,何凯,焦青兰(337)

图像分析和识别

改进 FCM 在交互式图像分割中的应用	依玉峰,高立群,郭丽(342)
输电导线图像目标识别方法	孙凤杰,杨镇潭,李媛媛,范杰清(349)
无表观特征小目标检测与跟踪	陶霖密,李亮,邸慧军(357)
应用改进频率调谐的海上小目标检测方法	任蕾,施朝健,冉鑫(365)
视觉注意原理局部特征的行人检测	刘俊涛,刘文予,吴彩华,李雄伟,冯镔(370)
尺度不变单样本人脸识别方法	王炜强,张晓阳,曹春芹,付奎生(380)
复杂交通场景中采用稀疏表示的车辆识别方法	李修志,吴健,崔志明,陈建明(387)
利用复合导数的边缘检测新算法	程金梅,叶永强,姜斌(393)

图像理解和计算机视觉

迭代分割逼近:新的基于局部响应显著度的角点检测	马丽红,谭幸均(402)
融合 SIFT 特征的熵图估计医学图像非刚性配准	张少敏,支力佳,赵大哲,林树宽,赵宏(412)

计算机图形学

面向非均匀采样点集的 3 维表面重建算法	刘晓平,段瑞青,余烨(419)
基于可编程图形管线的大规模流程工厂模型多分辨率绘制方法	周剑,唐卫清,朱耀琴,夏明,黄晓剑(426)
带有位置修正的环境映射	王晨昊,汤晓安,孙即祥,马伯宁(435)

遥感图像处理

海岸线遥感信息提取的元胞自动机方法及其应用	冯永玖,韩震(441)
-----------------------------	-------------

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健	月刊(1996 年创刊)	第 17 卷 第 3 期	2012 年 3 月 16 日出版
-----------	--------------	--------------	-------------------

主管单位	中国科学院	Superintended by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院遥感应应用研究所 中国图象图形学学会 北京应用物理与计算数学研究所	Sponsored by	Institute of Remote Sensing Application, CAS China Society of Image and Graphics Institute of Applied Physics and Computational Mathematics
主 编	李小文	Chief editor	LI Xiaowen
编辑出版	《中国图象图形学报》编辑出版委员会 北京 9718 信箱 邮编 100101 电子信箱:jig@irsa. ac. cn 电话:010-68407995 010-82614429 网 址:www. cjig. cn	Editor ,Publisher	Editorial and Publishing Board of Journal of Image and Graphics (P. O. Box 9718 ,Beijing 100101 ,China) E-mail:jig@irsa. ac. cn
印刷装订	北京北林印刷厂	Distributed by	Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals
广告经营许可证	京朝工商广字第 0346 号	Domestic	All Local Post Offices in China
总 发 行	北京报刊发行局	Foreign	China International Book Trading Corporation (P. O. Box 399 ,Beijing 100044 ,China)
订 购	全国各地邮局	Printed by	Beijing Beilin Printing House
国外发行	中国国际图书贸易总公司 (中国国际书店) (北京 399 信箱 邮编 100044)		

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 3 March 2012

Contents

Image Processing and Coding

Unit quaternion based description of collinearity equations	Yang Huachao, Lu Xiaopan, Wang Yongbo, Yao Guobiao (301)
Fractal compressive sensing for high-dimension signal recovery	Liu Jixin, Sun Quansen (309)
Fast codeword search algorithm based on adaptive subvector partitions	Wu Xinpeng, Pan Zhibin, Li Da (315)
Anisotropic diffusion image smoothing method based on human visual model	Song Jianjun, Hou Zhiqiang, Yu Wangsheng (321)
Fast extraction algorithm of the polyphase matrix decomposition coefficient based integer lifting wavelet	Wang Feng, Zhao Zhiwen, Mou Sheng (329)
Image completion method with adaptive patch size	Meng Chunzhi, He Kai, Jiao Qinglan (337)

Image Analysis and Recognition

Application of improved FCM for interactive image segmentation	Yi Yufeng, Gao Liquan, Guo Li (342)
Methods of transmission line target recognition	Sun Fengjie, Yang Zhenhuan, Li Yuanyuan, Fan Jieqing (349)
Featureless small object detection and tracking	Tao Linmi, Li Liang, Di Huijun (357)
Small target detection method under sea surface environment using revised frequency tuned saliency detection	Ren Lei, Shi Chaojian, Ran Xin (365)
Pedestrian detection method using local feature based on vision attention	Liu Juntao, Liu Wenyu, Wu Caihua, Li Xiongwei, Feng Bin (370)
Scale invariant face recognition from single sample	Wang Weiqiang, Zhang Xiaoyang, Cao Chunqin, Fu Kuisheng (380)
Sparse representation method of vehicle recognition in complex traffic scenes	Li Xiuzhi, Wu Jian, Cui Zhiming, Chen Jianming (387)
Novel edge detection algorithm using a composite derivative	Cheng Jinmei, Ye Yongqiang, Jiang Bin (393)

Image Understanding and Computer Vision

Iterative segment approaching: new corner detection based on local response saliency	Ma Lihong, Tan Xingjun (402)
Entropic graph estimation integrated with SIFT features for medical image non-rigid registration	Zhang Shaomin, Zhi Lijia, Zhao Dazhe, Lin Shukuan, Zhao Hong (412)

Computer Graphics

Three-dimensional surface reconstruction algorithm for non-uniform sampling points	Liu Xiaoping, Duan Ruiqing, Yu Ye (419)
Multi-resolution rendering approach of large-scale process plant models based on programmable graphics pipeline	Zhou Jian, Tang Weiqing, Zhu Yaoqin, Xia Ming, Huang Xiaojian (426)
Environment mapping with position rectification	Wang Chenhao, Tang Xiao'an, Sun Jixiang, Ma Boning (435)

Remote Sensing Image Processing

Cellular automata approach to extract shoreline from remote sensing imageries and its application	Feng Yongjiu, Han Zhen (441)
---	------------------------------

中图法分类号: TP391 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2012)03-0337-05

论文引用格式: 孟春芝, 何凯, 焦青兰. 自适应样本块大小的图像修复方法[J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(3): 337-341

自适应样本块大小的图像修复方法

孟春芝, 何凯, 焦青兰

天津大学电子信息工程学院, 天津 300072

摘要: 传统基于样本块的图像修复算法中样本块大小是固定不变的, 在修复过程中无法根据图像的具体情况调节, 这在很大程度上影响了图像的整体修复效果。为了解决这一问题, 提出一种自适应确定样本块大小的方法。该算法通过分析图像的梯度域变化, 获得各像素点处的结构信息, 进而自适应确定待修复样本块的大小。仿真实验结果表明, 该算法能够有效克服传统方法中经常出现的诸如结构误传播、图像整体结构丢失等缺点, 对具有明显结构变化的图像取得了比较理想的修复效果。

关键词: 图像修复; 纹理合成; 自适应样本块大小; 梯度域

Image completion method with adaptive patch size

Meng Chunzhi, He Kai, Jiao Qinglan

School of Electronic Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China

Abstract: In the traditional exemplar-based algorithm, the image completion effect is greatly degraded due to the fixed patch-size, which cannot change together with an image automatically in the process of completing. So in this paper we propose an adaptive patch-size determining method to solve this problem. By analyzing the image changes in the gradient domain, this method acquires the structure information of each pixel, and then automatically adjusts the patch-size. The simulation results show that this method can overcome many shortcomings of traditional methods, such as structural error propagation and whole structure loss, and realizes perfect completion effect for images with obvious changed structure.

Key words: image completion; texture synthesis; adaptive patch size; gradient field

0 引言

图像修复是针对图像中遗失或损坏的部分, 利用图像待修补区域的邻域信息, 按照一定的原则和算法对未知区域进行修补, 其目的是使修复后的图像达到人眼可以接受的效果。由于其在文物保护, 影视特技制作, 目标物体移除等领域具有重要应用价值, 因而, 得到国内外学者广泛关注, 成为当前研究的热点。

Drori 等人^[1]首先提出了基于块的图像修复算

法, 按照置信度的高低将图像分为 3 个部分, 对不同置信度的区域采取不同的修复算法。在此基础上, Toyama 等人^[2]提出了一种新的基于样本块的纹理合成算法, 通过计算构造的优先权函数来确定填充最优匹配样本块的顺序, 算法保证了结构信息的正确传播和纹理方向的正确扩散, 取得了不错的修复效果。韦穗等人^[3]提出了一种简单的非迭代自适应模板快速图像修复算法, 对边缘细节及平滑区域取得了不错的修复效果。2005 年, Andrei 等人^[4]提出了基于边缘的图像修复算法, 利用最小代价法来实现多边缘的匹配和自动连接。随后, Yuan 等人^[5]

收稿日期: 2011-04-27; 修回日期: 2011-08-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(61002030)

第一作者简介: 孟春芝(1986—), 女, 天津大学电子信息工程学院在读硕士研究生, 研究方向为数字图像修复。E-mail: mengchunzhi@yahoo.com.cn

提出了一种基于结构传播的修复算法,算法要求用户从图像的已知区域向未知区域手动的画线以确定丢失的重要结构所在位置,该算法有效地保证了结构信息的正确传播。2007 年,Shen 和 Li^[6] 共同提出了一种联合修复方法,算法基于边缘的区域分割理论,可以在完成结构信息的同时引导纹理信息的合成,一方面避免了数字图像修复中边缘的模糊化效应,另一方面提高了纹理部分的合成速度。2008 年,Wang 等人^[7] 利用纹理特征和结构信息将图像分为几个部分,然后依次修复结构和填充纹理,取得了不错的修复效果。同年,Wong 等人^[8] 提出了一种基于非局部信息的图像修复算法,算法从图像的已知信息中选区多个样本块,根据每个样本块与待修复块的相似性来确定其权重信息,从而达到用多个块的和来与待修复块匹配。取得了较好的效果。2010 年,Xu 等人^[9] 提出了一种基于块的稀疏性的优先权的计算方法,该算法通过计算待修复块在其邻域中的结构稀疏性来决定块的修复顺序。此种方法在修复图像的结构信息方面取得了较好的效果。胡正平等^[10] 提出了一种局部自适应学习基稀疏约束结合信息优先权选择扩散的迭代滤波图像修复思路,该算法对于纹理图像、边界图像及自然图像有不错的效果。李晋江等人^[11] 基于分形相关理论,提出了一种多尺度分形编码及重构的修复算法,算法对具有较大空洞的纹理图像能够获得不错的修复效果。

此外,文献[12-14] 分别将马尔科夫随机场的理论以及泊松方程的理论应用到图像修复中,实现了一种基于全局优化的图像修复算法,取得了不错的效果,但是算法的复杂性影响了它的广泛应用。文献[15] 通过 DCT 将样本块数据变换到频率域,并利用搜寻阵列数据结构来提高算法的修复速度。2010 年,Zhou 等人^[16] 提出了一种自适应确定样本块大小的算法,该算法能够根据完好区域图像像素所处邻域的结构信息,自适应选取样本块的大小,对一些具有复杂背景的图像取得了较好的修复效果;但该算法是通过计算图像中信息完好区域中各像素点的邻域梯度向量幅值变化来确定最佳样本块大小,对待修复区域缺乏针对性,同时也增加了算法的复杂度。为此,本文从待修复区域的边缘像素出发,基于破损区域邻域中完好部分的梯度变化,自适应确定样本块的大小,仿真实验结果证明了本文算法的有效性。

1 传统基于样本块的图像修复算法

传统基于样本块的图像修复算法大致可以分为以下几个步骤:

首先,根据待修复图像的结构特征确定一个适宜的样本块大小,目前文献大多选取缺省值 9×9 。

然后确定各待修补块的优先权系数,其定义为

$$P(p) = C(p)D(p) \quad (1)$$

$$C(p) = \frac{\sum_{q \in \psi_p \cap \Omega} C(q)}{|\psi_p|} \quad (2)$$

$$D(p) = \frac{|\nabla I_p^\perp \cdot n_p|}{\alpha}$$

式中, Ω 为破损区域,点 P 为破损区域边沿上的指定一点, ψ_p 为以 P 点为中心的待修复块, $|\psi_p|$ 表示 ψ_p 的面积, $\nabla I_p^\perp$ 表示 P 点梯度方向的垂直方向, α 是归一化系数, n_p 为填充边沿 $\partial\Omega$ 上 P 点的法向量,则 $C(p)$ 表示目标区域 ψ_p 中的已知信息量, $D(p)$ 表示 ψ_p 中的结构信息量。

最后,将最优匹配块中的信息复制到待匹配块中。重复上述步骤,直到全部破损区域修复完成为止。

2 自适应确定样本块大小

2.1 样本块大小确定原理

传统基于样本块的图像修复算法中,在整个修复过程中样本块的大小是固定不变的。然而,一幅图像中通常具有各种不同的纹理结构,对所有位置都采用相同大小的样本块进行修复缺乏自适应性,这会在很大程度上影响图像的最终修复效果。事实上,每个破损像素点所对应的修复样本块大小,应该能够根据待修复区域的局部结构信息进行自动调节,以满足不同结构区域信息自动修复的需要。为此,提出一种样本块大小的自适应选取方法,其原理如图 1 所示。

图 1 中, Ω 为破损区域,其余部分为信息完好区域,图 1(a) 中以 p_1, p_2, p_3, p_4 为中心的矩形块表示以破损区域边界像素为中心的待匹配块。从图 1(a) 中可以看出,椭圆线条所包围的区域结构变化比较明显,因此其附近的像素点,如点 p_1, p_2 处,应该选用较小的样本块进行修复;而对于结构平坦区域,如点 p_3, p_4 处,则应该选择较大的样本块。

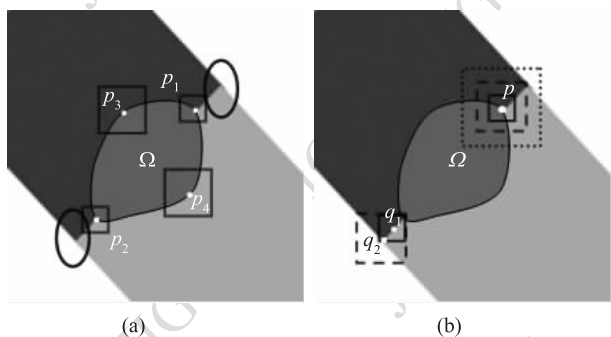


图1 样本块大小自适应确定原理示意图

Fig. 1 The diagram of determining exemplar size adaptively

图1(b)右上角标出了以像素 p 为中心的3个不同大小的样本块,其中 p 为待修复图像破损区域边缘处具有最大优先权的像素点。从图中可以看出,当样本块大小由较小的矩形框(短划线)扩大到最大的矩形框(虚线)时,图像中信息完好区域的结构信息发生了显著变化,因此若采用图中最大的矩形框(虚线)的大小作为最优的样本块大小,容易产生结构错位的现象,而选取较小的矩形框(短划线)的大小则不会出现上述问题。

然而,从图1(b)中也可以看出,若选择矩形框(短划线)作为样本块大小,在图像完好区域内无法找到与之具有较高匹配度的样本块,最多只能找到左下角以 q_2 点为中心的矩形块。为此,本文在选取最优匹配块的过程中,对于源匹配块与待匹配块之间的误差进行了一定限制,当无法找到满足条件的匹配块时,减少样本块大小,从而在样本块尽量大的前提下保证图像修复效果,即 p 点应该选取最小的矩形框(实线)的大小为最佳修复块大小,此时能够找到图1(b)左下角以 q_1 点为中心的矩形框作为其最优匹配块。

2.2 样本块大小自适应确定方法

从某种程度上来讲,一幅图像梯度域可以间接地反应一幅图像在局部区域的结构变化。对于以 p 为中心,大小为 $k \times k$ 的样本块 $SQ(p, k)$,其中 k 通常选取一个奇数,其与相邻较大的块 $SQ(p, k+2)$ 在结构方面的差异可以由其梯度域变化来衡量,即

$$MD(p, k) = \sum_{\theta=0}^{360} |M(p, k+2, \theta) - M(p, k, \theta)| \quad (3)$$

式中, $M(p, k, \theta)$ 为 $SQ(p, k)$ 在 θ 方向梯度向量模值的和。

对于结构比较单一的线性结构或平坦区域,块 $SQ(p, k)$ 与 $SQ(p, k+2)$ 之间的结构差异较小,对于

结构变化较多的区域,其结构差异较大。选取与之相邻较大且具有最大结构差异的样本块大小为最优样本块大小,即

$$k_{\text{optimal}} = \max_k MD(p, k) \quad (4)$$

为了保证样本块的匹配精度,最佳样本块大小需要满足以下约束条件:

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\sum_{q \in ESQ(p_i, k)} (x_q - y_q)^2}{\|ESQ(p_i, k)\|^2} < \varepsilon \quad (5)$$

式中, $p_i (i = 1, 2, 3)$ 分别表示R、G、B 3个分量上的像素点, x_q 和 y_q 分别表示待修复块和待匹配块在 q 点的像素值, $\|R\|$ 表示 R 中的像素个数, E 为提取块中完好像素的矩阵, $ESQ(p, k)$ 即为待匹配块的完好部分, ε 为某个正数阈值。如果不满足约束条件式(5),令样本块大小 $k = k - 2$,重新搜索最优匹配块,直至满足约束条件为止。

2.3 算法步骤

本文算法步骤可以归纳如下:

- 1) 确定待修复区域各像素点的优先权,选取具有最大优先权的像素点 p ,根据式(3)(4)计算其最优样本块大小;
- 2) 在图像信息完好区域搜索最优匹配块,计算匹配误差,若满足约束条件式(5),则执行步骤3),否则, k 值减2,继续执行步骤2);
- 3) 填充待修复点信息,更新置信度;
- 4) 重复上述步骤,直到修复完成为止。

3 仿真实验结果及分析

为了验证本文方法的有效性,选取了两幅具有明显结构变化的自然图像进行实验仿真,如图2、图3所示,其中(c)(d)为本文方法修复中间过程,其中不同大小的矩形框分别标示出了各点应具有不同的最优样本块大小;(e)为本文算法最终修复效果。图2、图3中 ε 取值分别为3和1。

从图2(c)(d)中可以看出,在图像的结构信息发生较大突变地方,样本块较小,以防引入周围错误的图像信息;在较平坦的区域,样本块较大,以保证图像结构特征的完整获取,防止图像整体结构信息的丢失。同样,图3(c)(d)中在结构变化较多的区域,也选取了较小的样本块进行修复,以避免结构信息的误传播,而在结构较为平坦的区域(如天空),则选择较大的样本块。



图 2 本文方法修复过程及效果

Fig. 2 The completion process and effect by proposed algorithm



图 3 本文方法修复过程及效果

Fig. 3 The completion process and effect by proposed algorithm

从图2、图3可以看出,对于复杂结构背景自然图像,利用传统固定大小的样本块算法修复图像具有一定的瑕疵,如图(f)中的椭圆区域。而本文算法则获得了比较理想的修复效果。

4 结 论

本文提出了一种样本块大小自适应确定方法,能够针对不同的结构区域,利用图像的局部结构信息,实现样本块大小的自动选取。仿真实验结果表明,本文算法对于具有明显结构变化的图像取得了比较理想的效果,但利用梯度域对图像结构变化进行表征仍具有一定的局限性,今后将在这方面开展相关理论研究,以达到更理想的修复效果。

参考文献(References)

- [1] Drori I, Cohen-Or D, Yeshurun H. Fragment-based image completion[C]//Proceedings of ACM SIGGRAPH. New York, USA: ACM, 2003: 303-312.
- [2] Criminisi A, Perez P, Toyama K. Object removal by exemplar-based inpainting [C]//Proceedings of 2003 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Madison: Wisconsin, 2003:721-728.
- [3] Qu L, Wei S, Liang D, et al. A fast image inpainting algorithm by adaptive mask [J]. Journal of Image and Graphics, 2008, 13(1): 24-28. [屈磊, 韦穗, 梁栋, 等. 快速自适应模板图像修复算法[J]. 中国图象图形学报, 2008, 13(1): 24-28.]
- [4] Andrei R, Marcel J T, Jan B. Edge-based image restoration [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2005, 14(10): 1454-1468.
- [5] Sun J, Yuan L, Jia J Y, et al. Image completion with structure propagation[C]// Proceedings of ACM SIGGRAPH. New York, USA: ACM, 2005, 24(3): 861-868.
- [6] Shen M F, Li B. Structure and texture image inpainting based on region segmentation [C]// Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Hawaii, USA: Honolulu, 2007: 701-704.
- [7] Wang M Q, Han G Q, Tu Y Q. Edge-based image completing guided by region segmentation [C]// Proceedings of ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management. Guangzhou, China: IEEE, 2008: 152-156.
- [8] Wong A, Orchard J. A nonlocal-means approach to exemplar-based inpainting [C]// Proceedings of 2008 the 15th IEEE International Conference on Image Processing. San Diego, CA, USA: IEEE, 2008: 2600-2603.
- [9] Xu Z B, Sun J. Image inpainting by patch propagation using patch sparsity [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2010, 19(5): 1153-1165.
- [10] Hu Z P, Liu W, Xu C Q, et al. Iterative image inpainting using sparse constraint with local adaptive learned dictionary and informational priority selected diffusion [J]. Chinese Journal of Science Instrument, 2010, 31(3): 600-605. [胡正平, 刘文, 许成谦, 等. 局部自适应学习基稀疏约束结合信息优先权选择扩散的迭代图像修复算法研究[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(3): 600-605.]
- [11] Li J J, Zhang C M, Fan H, et al. Image inpainting algorithm based on fractal theory [J]. Chinese Journal of Electronics, 2010, 38(10): 2430-2435. [李晋江, 张彩明, 范辉, 等. 基于分形的图像修复算法[J]. 电子学报, 2010, 38(10): 2430-2435.]
- [12] Komodakis N, Tziritas G. Image completion using efficient belief propagation Via priority scheduling and dynamic pruning [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2007, 16(11): 2649-2661.
- [13] Perez P, Gangnet M, Blake A. Poisson image editing [C]// Proceedings of ACM SIGGRAPH. USA: ACM New York, 2003: 313-318.
- [14] Xue S, Dai Q H. Nonlinear poisson image completion using color manifold [C] // Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing. San Antonio, TX: IEEE, 2007:237-240.
- [15] Kwok T, Sheung H, Wang C C L. Fast query for exemplar-based image completion [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2010, 19(12): 3106-3115.
- [16] Zhou H L, Zheng J M. Adaptive patch size determination for patch-based image completion [C]// Proceedings of 2010 IEEE 17th International Conference on Image Processing. Hong Kong, China: IEEE, 2010:421-424.