

网格索引下反向插补图像纹理细节增强算法

卢东兴

(肇庆学院 电子信息与机电工程学院, 广东 肇庆 526061)

摘 要: 通过对图像纹理细节增强, 提高低质量采集图像的识别和细节特征分析能力. 传统的图像纹理细节增强算法采用纹理结构信息特征子空间多维谱峰搜索方法, 算法只考虑结构信息特征子空间中的纹理特征, 对剩余的元素没有进行有效的网格化分区, 细节增强效果不好. 对此, 首先进行图像结构纹理信息传导模型设计, 引入网格索引方法对图像纹理细节增强的优先级进行判定, 然后提出一种基于反向插补的网格索引下补图像纹理细节增强算法. 提取亮度、对比度和结构相似度等能有效表征图像的结构化特征, 采用反向插补实现图像纹理细节增强, 仿真结果表明, 该算法对图像纹理细节特征的检测概率最高, 有效确保增强后的图像质量, 提高低质量采集图像的识别和细节特征分析能力, 在图像识别和成像处理等领域应用价值较高.

关键词: 图像纹理; 增强; 网格; 图像识别

中图分类号: TP314

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2015)02-0133-05

Enhancement Algorithm of Image Texture Details with Reverse Interpolation Grid Index

LU Dong-xing

(College of Electronic Information & Mechanical and Electrical Engineering,
Zhaoqing University, Zhaoqing 526061, China)

Abstract: Through the enhancement of image texture details, improve the analysis ability of recognition and detail features of image acquisition of low quality. Traditional enhancement algorithm uses feature texture structure information sub space multidimensional spectrum peak search method, the algorithm only considers the texture feature of structural information feature subspace, no grid partition and effective for the remaining elements, detail enhancement effect is not good. An improved image enhancement algorithm of patch texture details grid index is proposed based on reverse interpolation. The first image structure and texture information transmission model design, introducing the grid index method for judging the image texture details enhancement priority, to extract details structure feature of image texture, brightness, contrast and structure similarity can be structured effective characterization of image features, using reverse interpolation to realize the image texture detail enhancement, the simulation results show that the detection probability of the algorithm to the image texture characteristics of the highest, it can effectively ensure the quality of enhanced image, improve recognition and detail features of image acquisition of low quality analysis ability, it has higher application value in image recognition and image processing fields.

Key words: image texture; enhancement; grid; image recognition

1 引言

随着数字图像处理技术的不断成熟完善, 数字

图像处理中关于图像压缩、图像融合、图像边缘检测, 以及数字水印等技术正在向着高精度和高质量方向发展, 如今数字图像处理技术已广泛应用到医

收稿日期: 2014-04-06; 修回日期: 2014-05-28

基金项目: 肇庆市科技创新计划资助项目(2014G16)

学、航空航天、水下探测、通信传输、交通管理、刑事侦查等各个领域. 图像纹理增强是通过图像细节特征提取的方法, 通过有限的已知先验信息对未知的纹理特征进行细节增强和修复, 提高图像的识别和成像能力, 使图像在计算机视觉特征和感官上显得更合理和真实, 图像纹理增强算法将在考古文物保护、医学图像信息感知及影视特效等方面具有重要的应用前景和价值. 通过对图像纹理细节增强, 提高低质量采集图像的识别和细节特征分析能力, 因此, 研究图像纹理细节增强算法具有重要意义^[1].

当前, 对图像纹理细节增强研究尚处于起步阶段, 国内外主要采用的图像纹理细节增强技术集中在建立非纹理图像的增强模型上, 通过增强图像的对比度, 提取目标图像的亮点模型实现图像纹理细节的增强, 取得了一定的研究成果. 其中, 文献^[2]中采用一种仿射型马尔可夫随机场进行像素级填充, 图像纹理细节增强, 在增强单个物体上具有可行性, 但是算法在模型建立中消耗大量内存空间, 复杂度较高; 文献^[3]中提出一种基于先验特征预处理模型的图像纹理细节增强算法, 提取图像中的相似匹配块对待增强块进行替代, 完成网格分区和特征提取, 有效提高了图像纹理的边缘信息增益, 但对低信噪比下的图像纹理细节增强效果不好. 文献^[4]中提出一种用于超分辨率重建的亚像素配准算法, 算法由特征检测、像素级配准和亚像素级配准三个处理过程组成, 综合分析得知, 传统的图像纹理细节增强算法采用纹理结构信息特征子空间多维谱峰搜索方法, 算法只考虑结构信息特征子空间中的纹理特征, 对剩余的元素没有进行有效的网格化分区, 细节增强效果不好^[5-11]. 针对上述问题, 提出一种基于反向插补的网格索引下补图像纹理细节增强算法, 实现对图像纹理细节增强的改进. 首先进行图像结构纹理信息传导模型设计, 引入网格索引方法对图像纹理细节增强的优先级进行判定, 采用反向插补实现图像纹理细节增强, 仿真实验验证了本文算法的优越性能.

2 图像结构纹理信息传导模型及预处理

2.1 引入网格索引的图像结构纹理信息传导模型

首先给出图像结构纹理信息传导模型设计, 以此为基础实现对纹理细节增强算法描述, 首先从众多的以边缘像素点为中心的待增强块中确定一个优先增强的块, 单位时间内图像纹理结构信息为 $G(x, y; t)$, 定义图像纹理子空间的直觉模糊集为传

导函数为

$$p(x, t) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left[\sigma \frac{u - (u + \Delta u)}{\Delta x} \right] = -\sigma \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} \quad (1)$$

式中, σ 表示为单位时间内图像纹理结构细节特征密度, Δx 表示图像边缘信息视觉差, Δu 表示传导系数. 从而把图像从完好区域的大量样本块中找出一个与当前优先级最高的待增强块的最优样本块, 得到图像的三维体素空间向量表示为

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_i^*) K(x_i, x_j) + b \quad (2)$$

式中, α_i 表示每一像素点的模值, b 表示二维层状图像纹理特征像素点检测沿幅角方向上模值的极大值点, $K(x_i, x_j)$ 为生成灰度直方图. 图像的灰度像素值为

$$x_i(t) = \sum_{k=1}^p \sum_{l=0}^2 \varphi_{kl} [\omega_{l1}^i, \dots, \omega_{lm}^i] [x_1(t-k), \dots, x_n(t-k)]^T - \sum_{k=1}^q \sum_{l=0}^2 \theta_{kl} [\omega_{l1}^i, \dots, \omega_{lm}^i] \quad (3)$$

引入区间概念格模型, 实现网格索引, 区间概念格网格模型如图 1 所示, 在网络模型中, 对图像细节纹理的灰度化图像进行提升分离, 基于网格索引模型, 得到图像结构纹理信息传导模型:

$$\begin{aligned} \{V_i^d(t+1) &= W \cdot V_i^d(t) + C_1 \cdot R_1 \cdot (P_{\text{best}}^d(t) - P_i^d(t)) + C_2 \cdot R_2 \cdot (G_{\text{best}}^d(t) - P_i^d(t)) \\ P_i^d(t+1) &= P_i^d(t) + V_i^d(t+1)\} \end{aligned} \quad (4)$$

式中, $V_i^d(t)$ 、 $V_i^d(t+1)$ 、 $P_i^d(t)$ 、 $P_i^d(t+1)$ 分别表示图像多层网格特征增强强度, 图像向量量化信息在 t 时刻的信息度表示为 $\text{Ima}(x_t) = p(x_t | d_0, \dots, t)$, 其为 N 个随机样本为

$$S_t = \{s_t^j(x_t^j, \omega_t^j); i = 1, 2, \dots, N\} \quad (5)$$

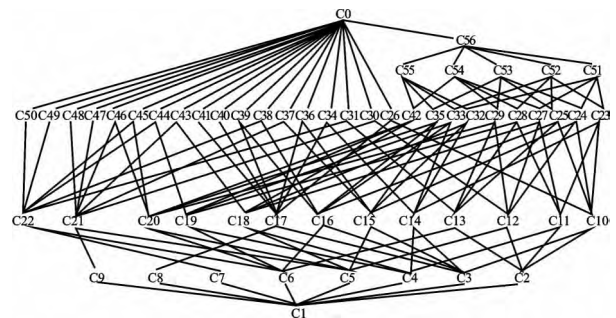


图 1 区间概念格网格索引

对于 $t = 0, 1, \dots, k$, 对应的图像的分段线性回归拟合直方图的测量值 $Z_k = \{z_0, z_1, \dots, z_k\}$, 用 x_k 表示图像向量量化平滑参数, 即为 $\{x_k, y_k, \theta_k\}$. 通过上述描述, 得到了引入网格索引的图像结构纹理信

息传导模型,为下一步实现凸显个纹理细节增强提供模型基础。

2.2 图像纹理细节增强的优先级判定

在上述进行图像结构纹理信息传导模型设计的基础上,引入网格索引方法对图像纹理细节增强的优先级进行判定,从而更好地提取到图像纹理的细节结构特征,亮度、对比度和结构相似度等能有效表征图像的结构化特征,能合理反映图像的相关性和视觉场景中物体的像素和结构等重要信息,本文把上述信息映射到网格区间中,进行纹理细节特征增强判定,判别 Gabor 传递函数为

$$x_i^2(t) = \sum_{k=1}^p \sum_{l=1}^2 \varphi_{kl} [\omega_{i1}^l, \dots, \omega_{im}^l] [x_1(t-k), \dots, x_n(t-k)]^T \quad (6)$$

亮度、对比度和结构相似度等基准特征定义为

$$X_p(u) = F^p x(u) = F^a [x(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} K_p(t, u) x(t) dt \quad (7)$$

式中, $x(u)$ 表示纹理方向的像素特征序列, $K_p(t, u)$ 为网格缩影下的高阶累积量 $c_k (k \geq 3)$ 特征, F^a 表示图像在水平方向上相对于 x 轴向的旋转角度,采用模板大值法进行边缘检测,得到基于灰度方差的燃烧稳定性检测的判别函数为

$$x_i(t) = [\omega_{i1}^{jk}, \dots, \omega_{im}^{jk}] [x_1(t-k), \dots, x_n(t-k)]^T \quad (8)$$

式中, $[\omega_{i1}^{jk}, \dots, \omega_{im}^{jk}]$ 为纹理空间边缘特征二次多项式核函数, $[x_1(t-k), \dots, x_n(t-k)]^T$ 为混合核函数控制系数。由此设计图像待增强块的子空间结构模型,对图像增强直至没有边缘像素点为止,子空间特征信息多维搜索迭代方程描述为

$$u^{(n+1)}(x, y) = u^{(n)}(x, y) + \delta u_1^{(n)}(x, y) \quad (9)$$

$$u_1^{(n)}(x, y) = M \Delta_s u^{(n)}(x, y) + N \Delta_t u^{(n)}(x, y; d) \quad (10)$$

式中, $n = 1, 2, \dots, T$, 表示迭代步数, T 为迭代总数, $u^{(n)}(x, y)$ 为像素值。假定的待增强图像的尺寸为 $m \times n$, 待增强块 Ψ_p 大小为 $s \times s$, 通过上述迭代搜索,实现待增强的位置像素点的优先级判定。

3 图像纹理细节增强算法实现

在上述构建的图像结构纹理信息传导模型及待增强块的优先级判定基础上,进行图像纹理细节增强算法改进设计,针对传统方法采用纹理结构信息特征子空间多维谱峰搜索方法,算法只考虑结构信息特征子空间中的纹理特征,对剩余的元素没有进

行有效的网格化分区,细节增强效果不好的问题,本文提出一种基于反向插补的网格索引下补图像纹理细节增强算法。算法实现关键技术描述如下:设定空间矩阵的阶取 1 或 2,以此搜寻边缘一层纹理特征,采用相异特征匹配的方法,得到图像网格索引下的纹理结构信息,进行图像边缘轮廓特征积分控制,得到图像纹理细节结构的三层网格分解结果为

$$l(x, y) = \frac{2\mu_x \mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \quad (11)$$

$$c(x, y) = \frac{2\sigma_x \sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \quad (12)$$

$$s(x, y) = \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x \sigma_y + C_3} \quad (13)$$

式中 μ_x, μ_y 分别为边缘轮廓特征 x, y 的均值,对对象的量度信息能合理反映, σ_x 和 σ_y 分别为图像 x, y 的方差,反映了其对比度信息, σ_{xy} 为 x, y 的相关系数,反映了结构信息的相似度, C_1, C_2, C_3 为常数。从上分解结果可见,图像的纹理细节色度信息与亮度混叠一起,采用反向插补方法,将 RGB 转换到 $YCbCr$ 空间,进行背景颜色差分处理,计算式为

$$E(A) = \lambda * \sum_{p \in P} R_p(A_p) + \sum_{(p,q) \in N} B_{(p,q)} * \delta(A_p, A_q) \quad (14)$$

变换后得到的图像在空间紧密聚集,可以用一条曲线近似拟合纹理细节的混叠区域,其解析式为

$$\frac{(x - ecx)^2}{a^2} + \frac{(y - ecy)^2}{b^2} = 1 \quad (15)$$

式中, ab 为空间中的坐标调节参数, ecx 为 x 轴误差参数, ecy 为 y 轴误差参数, $S(x)$ 在每一个子区间 $[x_j - 1, x_j] (j = 1, 2, \dots, n)$ 上是一个不超过三次的多项式,最后得到以图像的亮度、对比度和结构相似度为场景结构的基准特征,采用 Gabor 传递函数修正的形态学方法,通过网格索引反向插补,得到图像纹理细节增强结果为

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_b - cx \\ C_r - cy \end{bmatrix} \quad (16)$$

解析式中的常量 $cx = 109.38, cy = 152.02, \theta = 2.53$ (弧度), $ecx = 1.60, ecy = 2.41, a = 25.39, b = 14.03$, 遍历图像中的所有像素点,将其 $C_b C_r$ 色度分量代入,提高图像纹理细节的特征像素增益。基于上述的图像纹理细节增强优先级进行判定次序,对图像纹理细节实现循环增强,实现算法改进,基于网格索引反向插补的图像纹理细节增强过程示意图如图 2 所示。



图 2 基于网格索引反向插补的图像
纹理细节增强过程示意图

4 仿真实验与结果分析

为了验证本文算法在实现图像纹理细节增强中的性能,进行仿真实验. 图像采集中系统中使用的 CCD 摄像头参数:感光元件:CMOS;动态分辨率:1 280×960;最大帧频:60 FPS 像素:500 万. 开发环境 CPU 为 Inter Pentium 43 000 MHz,内存 1.5 GB,显卡为 nVIDIA GeForce 9600. 软件运行所需有关 MFC 的 DLL 库:MFC42D. DLL、MFCD42D. DLL、MFCN42D. DLL、MFCO42D. DLL、MS-VCRTD. DLL,软件运行所需有关 OpenGL 的 DLL 库:opengl32. dll,glu32. dll,glut32. dll,glaux. dll. 仿真测试中,对网格索引核函数的大小进行选择时,进行了多种尝试,实现参数选择最优化处理,网格索引参数结果见表 1.

表 1 网格索引参数设定

窗口尺寸	3×3	5×5	9×9	17×17	33×33
AUC	0.236	0.362	0.897	0.991	0.963

基于上述仿真环境,进行图像纹理细节特征的结构模型数学形态学构建,提取图像的亮度、对比度和结构相似度等能有效表征图像的结构化特征,在网络索引下采用 Gabor 传递函数修正的形态学方法,通过网格索引反向插补,对图像纹理细节进行增强仿真实验. 以两组图像样本为测试对象,采用本文算法和传统算法进行性能对比,得到图像纹理细节增强仿真结果如图 3 和图 4 所示. 其中,图 3 所示为原始的待增强图像,图 4 所示为采用本文算法处理后的图像纹理细节增强结果.

从图 3、4 可见,采用本文算法实现图像纹理细节增强,视觉效果较好,性能优越,为定量分析性能,采用对图像纹理细节的检测概率为测试指标,得到性能对比结果如图 5 所示,由图 5 可见,采用本文算法进行图像增强后的信噪比误差较小,保持在 6% 以内,对图像纹理细节特征的检测概率最高,说明本

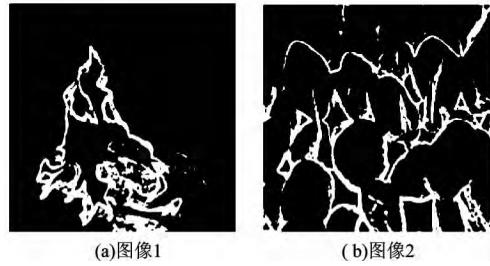


图 3 原始图像

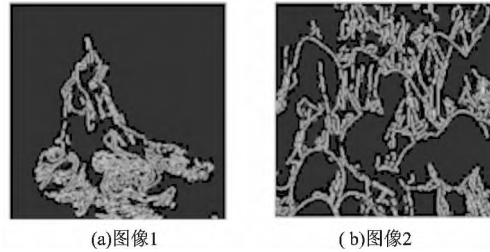


图 4 纹理细节增强图像

文算法比传统算法更能确保增强后的图像质量,提高低质量采集图像的识别和细节特征分析能力,性能优于传统算法.

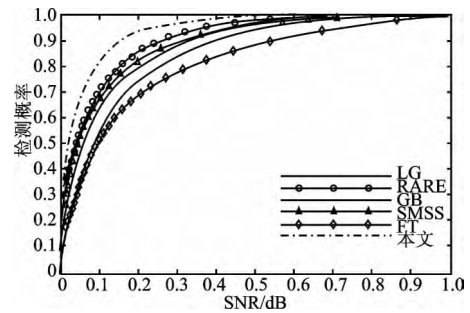


图 5 性能对比

5 结束语

本文研究了低信噪比环境下的图像纹理细节增强问题,通过对图像纹理细节增强,提高低质量采集图像的识别和细节特征分析能力. 传统的图像纹理细节增强算法采用纹理结构信息特征子空间多维谱峰搜索方法,算法只考虑结构信息特征子空间中的纹理特征,对剩余的元素没有进行有效的网格化分区,细节增强效果不好. 本文首先进行图像结构纹理信息传导模型设计,引入网格索引方法对图像纹理细节增强的优先级进行判定,采用反向插补实现图像纹理细节增强,仿真实验证明本文算法对图像纹理细节特征的检测概率最高,确保增强后的图像质量,提高低质量采集图像的识别和细节特征分析能

力,具有较高应用价值.

参考文献:

- [1] 张红英,彭启琮. 数字图像修复技术综述[J]. 中国图象图形学报,2007,12(1):1-10.
- [2] Stauffer C, Grimson W. Adaptive Background Mixture Models for Real-time Tracking[C] // Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Fort Collins, Colorado, 2009, 2: 246-252.
- [3] C. C. Pang, W. L. Lam and H. C. Yung. A Novel Method for Resolving Vehicle Occlusion in a Monocular Traffic image sequence [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2014, 5 (3): 129-141.
- [4] 陆凯,李成金,赵勋杰,等. 一种快速的亚像素图像配准算法[J]. 红外技术,2013, 35(1): 27-30.
- [5] 郭迎春,袁浩杰,吴鹏. 基于 Local 特征和 Regional 特征的图像显著性检测[J]. 自动化学报,2012, 38(9): 1513-1519.

- [6] 郭哲,张艳宁,林增刚. 多信息融合的多姿态三维人脸面部五官标志点定位方法[J]. 计算机学报, 2012, 35 (1): 163-170.
- [7] 杨琴,齐越,沈旭昆,等. 一种快速的三维扫描数据自动配准方法[J]. 软件学报,2010, 21(6): 1438-1450.
- [8] 沈民奋,陈家亮,代龙泉等. 基于图像分解和区域分割的数字图像修复[J]. 电子测量与仪器学报,2009,23 (9):11-17
- [9] 罗海驰,李岳阳,孙俊. 一种基于自适应神经模糊推理系统的图像滤波方法[J]. 计算机科学, 2013, 40 (7): 302-306.
- [10] 杜辉. 基于小波变换的彩色图像中快速人脸检测算法[J]. 科技通报,2012,12(28):89-90.

作者简介:

卢东兴 男,(1974-),硕士,实验师.研究方向为网络与信息安全、软件开发、图形图像处理. E-mail: hunter2011@fox-mail.com

(上接第 132 页)

从如何对各代之间测得的距离进行合理的处理以减少高斯噪声的影响入手,进一步提高定位精度.

参考文献:

- [1] 沈海洋. 基于遗传 PSO 的无线传感网络覆盖优化算法研究[J]. 微电子学与计算机,2013,30(3):148-151.
- [2] 张学. 无线网络的拓扑控制[J]. 软件学报, 2007, 18 (4): 943-952.
- [3] 柳虹,周根贵,傅培华. 分层供应链复杂网络局部演化模型研究[J]. 计算机科学, 2013, 40(2) 270-273.
- [4] Zhou Yan, Li Jian-xun, Wang Dong-li. Target tracking in wireless sensor networks using adaptive measurement quantization [J]. Science China Information Sciences,2012, 55(4):827-838.
- [5] Xu Jian, Li Jian-xun, Xu Sheng. Data fusion for target tracking in wireless sensor networks using quantized innovations and Kalman filtering [J]. Science China Information Sciences, 2012, 55(3):530-544.
- [6] Masazade E, Niu Rui-xin, Varshney P. Dynamic bit allocation for object tracking in wireless sensor net-

works [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2012, 60(10):5048-5063.

- [7] 郭金瑞,朱德智,代月花,等. 波束域特征空间自适应波束形成算法[J]. 系统仿真学报, 2011, 23 (1): 142-145.
- [8] 李全忠,黄济宇,罗丽平,等. 基于 MMSE 准则的 MIMO 多中继系统线性收发机设计[J]. 电子学报,2012, 07(2):1323-1327.
- [9] 刘刚. 基于 MIMO-OFDM 协作系统的中继混合选择合并算法[J]. 西南科技大学学报,2012,6(3):78-83.
- [10] Rong Yue. Joint Source and Relay Optimization for Two-Way Linear Non-Regenerative MIMO Relay Communications [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2012, 60(12): 6533-6546.

作者简介:

闫艳霞 女,(1980-),硕士研究生,讲师.研究方向为传感器与精密测量.

崔建华 女,(1981-),博士研究生,讲师.研究方向为网络传感器. E-mail: Zzyanzi802@163.com