

多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿技术研究

南 丽 丽

(运城学院 计算机科学与技术系, 山西 运城 044000)

摘 要: 在成像亮度环境比较差的条件下采集的图像粒度多, 较为粗糙, 需要通过亮度均衡补偿, 提高成像质量. 提出一种基于 RGB 灰度分解的多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿技术, 对采集的多粒度粗糙图像采用小波多尺度提升方法进行降噪处理, 对降噪输出图像采用 RGB 分解方法得到三个分量的灰度图像, 分别对三个分量的灰度图像通过稀疏先验正则化叠加方法实现信息融合, 通过子块连续遍历方法对图像亮度不均衡区域进行白平衡补偿, 实现多粒度粗糙图像的亮度均衡处理. 仿真结果表明, 采用该技术进行夜间亮度条件不足环境下的图像采集, 具有较好的成像效果, 输出图像的峰值信噪比较高, 亮度均匀均衡, 像素相关性较强, 成像直观视觉和参量指标表现上都优于传统方法.

关键词: 多粒度粗糙图像; 亮度; 灰度; 像素相关性; 均衡补偿

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2017)03—0120—05

Research on Luminance Equalization Compensation Technology for Multi-Granularity Rough Image

NAN Li-li

(Department of Computer Science and Technology, Yuncheng University, Yuncheng 044000, China)

Abstract: Under the condition that the image brightness environment is relatively poor, the image size is much, and it is relatively coarse. It is needed to compensate the luminance balance and improve the image quality. A multigranulation rough image brightness compensation technology is proposed based on RGB gray decomposition, the collected multigranulation rough image using multi-scale wavelet de-noising method to improve the output image, the noise reduction using RGB decomposition method to get the three components of the gray image, gray image of the three divided components by regular sparse prior overlay method to realize information fusion, through continuous sub block traversal method of image brightness uneven regional white balance compensation, realize the multigranulation rough equalization of image brightness. The simulation results show that the image acquisition conditions under the environment of light at night using the technique has better imaging effect and image output high peak signal to noise ratio, uniform brightness balance, pixel correlation strong visual and imaging performance parameters is superior to the traditional method.

Key words: multi granularity rough image; brightness; gray level; pixel correlation; equalization compensation

1 引言

随着图像处理技术的发展, 数字成像设备的技术要求不断提高, 为了提高数字成像设备在对不同恶劣环境下的可靠性成像性能, 需要对采集的原始图像进行电子稳像、亮度补偿、白平衡均衡以及色差

均衡处理^[1]. 在雾天、夜间以及光照强度不足等成像环境不好的条件下成像容易出现亮度不均衡和曝光不足等问题, 使得成像的粒度感较突出, 粗糙感较强, 需要对成像亮度环境比较差的条件下的数字图像进行亮度均衡补偿, 改善成像质量, 研究多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿技术, 将在数字图像多媒体

信息处理等方面具有积极重要的意义^[2]。

对多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿是建立在对原始图像的图像降噪、信息增强和图像融合基础上的,通过对采集的原始图像进行粒度降噪滤波处理^[3],结合相应的边缘轮廓检测和图像分割方法进行图像特征点的块匹配和模板匹配,采用图像增强方法突出感兴趣的亮度特征点^[4],通过信息融合技术实现亮度均衡补偿,提高成像的亮度均匀性,改善成像质量,取得了一定的研究成果。其中,文献[5]提出一种基于白平衡偏差补偿的多重光照色差图像平滑算法,对夜间多重光照下的色差图像进行白平衡偏差补偿,提高了夜间多重光照下采集图像的亮度均衡性和色差均衡性,且该算法计算简单,实现容易,但该方法在成像过程中无法跟踪单点对焦角点,容易产生亮点丢失而影响亮度的均衡性能;文献[6]提出一种基于透射率空间与色彩纹理相关性分割的多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿方法,采用约束优化进化方法进行图像的透射率空间融合,对不同色光产生的图像色彩纹理进行信息融合和边缘像素角点检测,提高了对图像的亮度均衡补偿能力,输出信噪比较高,但是该算法计算开销较大,在图像实时处理中的表现效果不佳。

针对上述问题,本文提出一种基于RGB灰度分解的多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿技术。

2 图像采集与预处理

2.1 多粒度粗糙图像采集与像素特征表达

为了实现对成像亮度环境比较差的条件下采集多粒度粗糙图像的优化成像输出,需要进行亮度均衡补偿处理,改善成像性能。首先进行原始图像采集。在图像采集,要进行图像分辨率无关处理,降低照片分辨率、拍摄距离对成像的像素表达带来的影响,采集多粒度粗糙图像进行像素特征分解和表达,成像亮度环境比较差的条件下,通过形态学分割方法实现色差补偿,多粒度粗糙图像采集采用数码成像设备 NikonD7100,使用自动对焦镜头,手工初始化多粒度粗糙图像采集模板的轮廓线^[7],对扫描输出的像素特征进行图像像素相关性编码,基于DCT变换技术^[8],采用光照自适应均衡处理,得到采集的多粒度粗糙图像的输出为

$$I(x) = J(x)t(x) + A(1 - t(x)) \quad (1)$$

式中, A 为图像在 x 方向的行列置换旋转尺度, $t(x)$ 为图像的时间统计分布, $J(x)t(x)$ 为每轮生成的灰度图像的噪声系数。假设每个多粒度粗糙图像的像

素值大小相同,为 $W \times N$,采用随机置乱方法得到图像在每个像素特征空间中的边缘轮廓相关性信息素,得到多粒度粗糙图像采集的多尺度形态学约束向函数定义为

$$\begin{aligned} & \text{minimize } f(\vec{x}) \vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in \mathfrak{R}^n \\ & \text{subject to } g_j(\vec{x}) \leq 0, j = 1, \dots, l \\ & h_j(\vec{x}) = 0, j = l + 1, \dots, p \end{aligned} \quad (2)$$

式中, $x \in \Omega$ 表示多粒度粗糙图像均匀像素遍历的可行域,在光照较暗的条件下,对采集的图像采用多尺度Retinex角点筛选进行像素信息增强^[9],得到图像增强的灰度级为 $g = \{g(i), i \in \Omega\}$,构建图像灰度像素特征向量,得到多粒度粗糙图像的Retinex角点迹函数描述为

$$L = J(w, e) - \sum_{i=1}^N a_i \{w^T \varphi(x_i) + b + e_i - y_i\} \quad (3)$$

采用约束优化进行灰色像素跟踪,通过模板匹配,得到在像素模板 $m \times n$ 中图像采集的特征信息输出表达形式描述为

$$I_{if}(x, y) = I * G(x, y, \sigma_i) \quad (4)$$

$$I_w(x, y) = I * stdfilt(x, y, w_i) \quad (5)$$

式中, $stdfilt(x, y, w_i)$ 为图像信息采集的标准协方差函数, I 为图像采集的两帧间的关联系数, $G(x, y, \sigma_i)$ 为图像的多尺度形态学分布概率密度函数。通过上述图像采集分析,以此为研究对象,进行图像降噪和后一步的亮度均衡补偿处理,提高图像的成像质量。

2.2 图像降噪预处理

对上述采集的多粒度粗糙图像进行降噪预处理,降低粒度干扰,提高图像的成像清晰度,采用小波多尺度提升方法进行降噪处理^[10],对一幅 $M \times N$ 的 P bit的多粒度粗糙图像,构建双曲调频小波作为多粒度粗糙图像降噪的母小波,双曲调频小波定义为

$$\begin{aligned} \Phi^H(t) &= A(t) \exp[j\theta(t)] = A(t) \exp \\ &[-j2\pi K \ln(1 - \frac{t}{t_0})] \quad |t| \leq \frac{T}{2} \end{aligned} \quad (6)$$

在 L 个小波尺度平面中,多粒度粗糙图像时间尺度状态方程描述为

$$\begin{cases} p_{dt}^{(b_{mt})} = C_t \sum_{x_i \in w} k(\|x_i\|) \delta(h(x_i) - b_{mt}) \\ p_{te}^{(b_{me})} = C_e \sum_{x_i \in w} k(\|x_i\|^2) his_{x_i} \delta(v_{x_i} - b_{me}) \end{cases} \quad (7)$$

式中, $C_t = C_e = \frac{1}{\sum_{x_i \in w} k(\|x_i\|^2)}$, 表示噪点分离的边

缘轮廓标记线集合, $b_{ine} \in [1, M]$ 表示多尺度边缘轮廓分解系数. 采用小波高频系数分离方法进行盲源降噪, 在小波域中, 得到图像像素粒度中的冗余粒度集合分离输出为

$$L = J(w, e) - \sum_{i=1}^N a_i \{w^T \varphi(x_i) + b + e_i - y_i\} \quad (8)$$

式中, a_i 表示图像 S' 在小波高频域分割点 (x', y') 处的轮廓特征分布幅值, $J(w, e)$ 为亮度投影系数, 像素值对应的二维坐标分布在位平面子块内, 通过小波分解, 得到输出图像的尺度信息为 G :

$$G_t = AF_{t-1} + t \quad (9)$$

式中, $F_t = [x_t, y_t]^T$ 是多粒度粗糙图像的第 t 帧的关联像素值, 每一个位平面对应 0 或 1 两个值, 表示轮廓特征分布函数的二值信息.

在小波域的尺度平面内, 通过小波多尺度提升实现多粒度粗糙图像的噪点 $P_1 = \sum_{k=1}^h p_{(k)g}(i, j) \times 2^{k-1}$ 和 $P_2 = \sum_{k=1}^h p_{(k)g}^*(i, j) \times 2^{k-1}$ 的盲分离, 通过多尺度小波提升降噪, 得到降噪滤波输出的图像为

$$X_t = AX_{t-1} + t \quad (10)$$

式中, $X = [x_t, y_t]^T$ 是第 t 帧多粒度粗糙图像的尺度矩阵.

3 亮度均衡补偿技术改进实现

在上述进行了多粒度粗糙图像采集与小波多尺度提升降噪预处理的基础上, 进行亮度均衡补偿, 提高成像质量, 本文提出一种基于 RGB 灰度分解的多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿技术.

3.1 多粒度粗糙图像的 RGB 灰度分解

对降噪输出图像采用 RGB 分解方法得到三个分量的灰度图像, 给出多粒度粗糙图像频帧结构形式为

$$u(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) \frac{\partial^2 \Omega}{\partial u \partial v} \frac{\partial^2 \Omega}{\partial v^2} \quad (11)$$

式中, 在第 k 个尺度平面 ($1 \leq k \leq P$) 内进行图像的灰度分解, 代 $W \times N$ 次产生图像序列 Z , 多粒度粗糙图像的单个像素值 $I(i, j)$ 可由 $I_{(k)}(i, j)$ 表示如下:

$$I(i, j) = \sum_{k=1}^P I_{(k)}(i, j) \times 2^{k-1} \quad (12)$$

在给定仿射闭合区域, 图像经过高维向量量化

分解得到包含 RGB 分量的灰度分量, 图像的 R、G、B 等 3 个分量能准确反映图像的亮度信息特征, 得到 RGB 分解结果为

$$f_t(H_1, H_2, H_3) = \begin{cases} (H_1 \wedge H_2) \vee ((H_1 \setminus) \wedge H_3) & 0 \leq t \leq 19 \\ H_1 \oplus H_2 \oplus H_3 & 20 \leq t \leq 39 \\ (H_1 \wedge H_2) \vee (H_1 \wedge H_3) \vee (H_2 \wedge H_3) & 40 \leq t \leq 59 \\ H_1 \oplus H_2 \oplus H_3 & 60 \leq t \leq 79 \end{cases} \quad (13)$$

式中, $\oplus$ 表示多粒度粗糙图像 R 分量与 G 分量的异或, $\wedge$ 表示 R 分量与 B 分量的位与, $\vee$ 表示 G 分量与 B 分量的位或, $\setminus$ 表示按位取反, W_t 表示为

$$W_t = \begin{cases} M_t & 0 \leq t \leq 15 \\ S_1 \setminus (W_t - 3 \oplus W_t - 8 \oplus W_t - 14 \oplus W_t - 16) & 16 \leq t \leq 79 \end{cases} \quad (14)$$

通过对多粒度粗糙图像的 RGB 灰度分解, 对每个像素点的 R、G、B 分量进行信息融合处理, 实现亮度均衡补偿.

3.2 图像的亮度均衡补偿实现

分别对 RGB 分解得到的三个分量的灰度图像通过稀疏先验正则化叠加方法实现信息融合, 得到稀疏先验正则化函数为

$$D = \{d_m(t) = \sum_{k=1}^{K(m)} p(t - \tau_{mk}), m = \{1, 2, \dots, N\}\} \quad (15)$$

用筛选出来的子块替换每个像素的模糊核, 把 R、G、B 三个图像作为第 j 轮的亮度补偿训练集, 采样子块分别记为 $W_{(i)}$ 和 $D_{(i)}$, 得到稀疏先验正则化迭代函数为 $D_{(i+1)}$, 即

$$D_{(i+1)} = \lambda_{(i+1)} X_{(i+1)} V_{(i+1)}^{-1} W_{(i+1)}^T (W_{(i+1)} V_{(i+1)}^{-1} W_{(i+1)}^T)^{-1} \quad (16)$$

令 $B_{(i+1)} = \lambda_{(i+1)} X_{(i+1)} V_{(i+1)}^{-1} W_{(i+1)}, C_{(i+1)} = W_{(i+1)} V_{(i+1)}^{-1} W_{(i+1)}^T$, 则 $D_{(i+1)} = B_{(i+1)} C_{(i+1)}$. 在透射率空间中进行亮度均衡补偿的迭代过程为 $X_{(i+1)} = [\sqrt{\lambda_{(i)}} X_{(i)} x_{i+1}], W_{(i+1)} = [\sqrt{\lambda_{(i)}} W_{(i)} w_{i+1}]$, 其中 w_{i+1} 是图像正则化稀疏解 $D_{(i)}$ 中的像素重排权重, 即 $x_{i+1} = D_{(i)} w_{i+1} + z_{i+1}$, 更新 $D_{(i+1)} = D_{(i)} + \alpha \beta_{i+1}^{-1} z_{i+1} u^T$, $C_{(i+1)} = \lambda_i^{-1} C_{(i)} - \beta_{i+1}^{-1} \alpha u u^T$; 通过子块连续遍历方法对图像亮度不均衡区域进行白平衡补偿, 遍历完所有图像子块, 得到亮度不均衡区域的白平衡补偿输出迭代函数为:

$$C_{(i+1)} = \lambda_{(i)}^{-1} C_{(i)} - \frac{\beta_{i+1}^{-1} \lambda_i^{-1} C_{(i)} w_{i+1} w_{i+1}^T \lambda_i^{-1} C_{(i)}}{\beta_{i+1}^{-1} \lambda_i^{-1} w_{i+1}^T C_{(i)} w_{i+1} + 1} \quad (17)$$

若 i 小于设定的迭代次数, $i = i + 1$, 通过连续迭代, 直到满足收敛条件, 由此实现对多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿处理。

4 仿真实验与结果分析

为了测试本文算法在实现多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿和优化图像采集质量方面的性能, 进行仿真实验。实验仿真软件为 Matlab 7, 采集的原始图像为 800×600 的 JPEG 图像, 图像采集中光圈设定为 $F=12\text{ mm}$, ISO 为 100, 分辨率为 $1\,280 \times 1\,024$ pixel, 曝光持续时间 $T_m=14\text{ s}$, 小波降噪的提升尺度设定为 0.25, 图像的粒度点干扰噪声为均值为 0, 方差为 0.01 的高斯噪声。根据上述仿真环境和参数设定, 得到原始采集多粒度粗糙图像如图 1 所示。



图 1 原始的多粒度粗糙图像

从图 1 得知, 原始采集的图像受到光照条件和采集设备的限制等因素的影响, 导致图像的可视性很差, 粒度较多, 图像粗糙, 亮度均衡性不好, 需要进行下一步的图像处理, 提高图像的成像质量。采用本文提出的基于 RGB 灰度分解的多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿技术, 对采集的多粒度粗糙图像采用小波多尺度提升方法进行降噪处理, 得到降噪结果如图 2 所示。



图 2 图像降噪输出

从图 2 得知, 采用本文方法进行图像降噪, 降低了图像的粒度污染, 粗糙性减弱, 对降噪输出图像采用 RGB 分解方法得到三个分量, 三个灰度分量的直方图如图 3 所示。分别对图像的 RGB 三个分量通过稀疏先验正则化叠加方法实现信息融合, 实现亮度均衡补偿处理, 得到最后输出图像和直方图如图 4 所示。

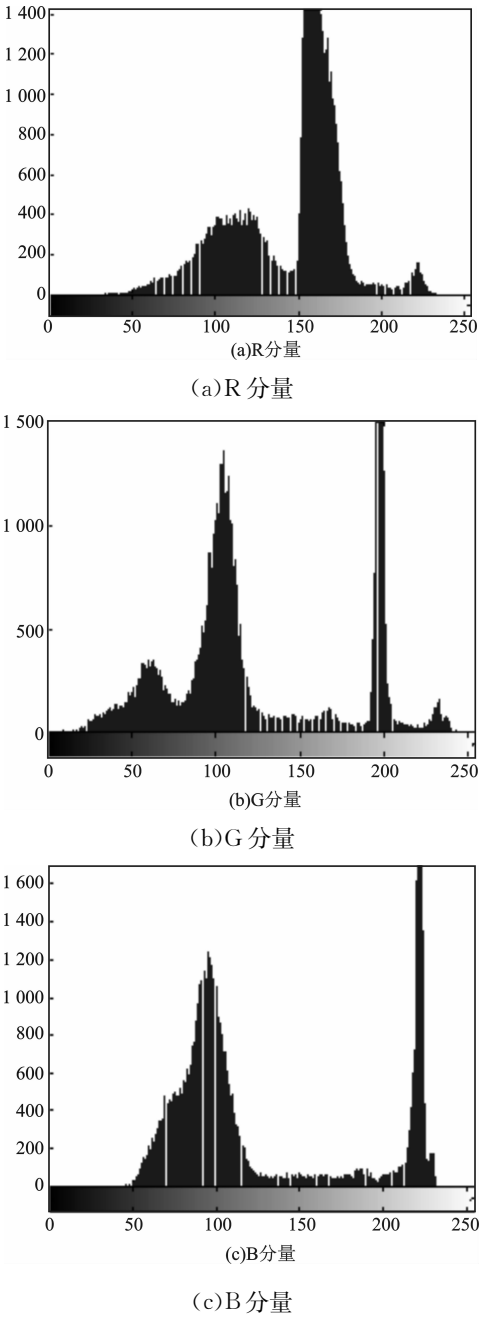


图 3 图像 RGB 分解后各分量的直方图

对比图 4 和图 3 的直方图得知, 采用本文方法进行图像亮度均衡处理, 直方图的均衡性较好。输出图像与原始图像在成像质量和亮度均衡性方面具有明显的视觉改观。为了定量测试算法性能, 采用本文方法和传统方法进行对比分析, 测试像素相关性和



图 4 图像亮度均衡补偿处理后的直方图及输出图像

峰值信噪比,得到对比结果见表 1. 分析结果得知, 本文方法进行图像亮度均衡补偿后输出图像的峰值信噪比较高,像素相关性较强,说明图像亮度均匀均衡性较好.

表 1 性能参量对比

方法	峰值信噪比/dB	像素相关性
本文方法	20. 21	0. 742 1
块匹配	14. 98	0. 322 3
彩色纹理分割	8. 09	0. 536 2

5 结束语

为了提高对光照条件恶劣条件的图像采集的成像质量,本文提出一种基于 RGB 灰度分解的多粒度粗糙图像的亮度均衡补偿技术,对采集的多粒度粗糙图像采用小波多尺度提升方法进行降噪处理,对降噪输出图像采用 RGB 分解方法得到三个分量的灰度图像,分别对三个分量的灰度图像通过稀疏先验正则化叠加方法实现信息融合,通过子块连续遍历方法对图像亮度不均衡区域进行白平衡补偿,实现多粒度粗糙图像的亮度均衡处理. 研究表明,采用

该技术进行夜间亮度条件不足环境下的图像采集, 具有较好的成像效果,输出图像的峰值信噪比较高, 直方图的均衡性较高,像素相关性较强,成像直观视觉上得到明显改善.

参考文献:

[1] 蔡自兴,彭梦,余伶俐. 基于时序特性的自适应增量主成分分析的视觉跟踪[J]. 电子与信息学报, 2015, 37 (11): 2571-2577.

[2] 蒋建国,金玉龙,齐美彬,等. 基于稀疏表达残差的自然场景运动目标检测[J]. 电子学报, 2015, 43(9): 1738-1744.

[3] 宋涛,李鸥,刘广怡. 基于空时多线索融合的超像素运动目标检测方法[J]. 电子与信息学报, 2016, 38(6): 1503-1511.

[4] Oritiz A, Gorriz J M, Ramirez J, et al. Improving MR brain image segmentation using self-organising maps and entropy-gradient clustering[J]. Information Sciences, 2014, 262(3):117-136.

[5] 周毅敏,李光耀. 多重光照色差下图像平滑美化处理算法[J]. 计算机科学,2016,43(10):287-291.

[6] 王云烨,李勃,董蓉,等. 基于透射率空间与色彩纹理相关性的图像分割[J]. 电子测量技术, 2015, 38(1): 41-46.

[7] Barnich O , VAN D M. ViBe: a universal background subtraction algorithm for video sequences[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20 (6): 1709-1724.

[8] Liu Zhi, Zhang Xiang, Luo Shuhua, et al. Superpixel-based spatiotemporal saliency detection [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2014, 24(9): 1522-1540.

[9] 卞乐, 霍冠英, 李庆武. 基于 Curvelet 变换和多目标粒子群的混合熵 MRI 图像多阈值分割[J]. 计算机应用, 2016, 36(11): 3188-3195.

[10] Jiang X, Harishan K, Thamarasa R, et al. Integrated track initialization and maintenance in heavy clutter using probabilistic data association[J]. Signal Processing, 2014, 94: 241-250.

作者简介:

南丽丽 女,(1978-),硕士研究生,副教授. 研究方向为多媒体技术. E-mail:liuyuan8219@sina. com.