

文章编号: 1007-2780(2013)06-0948-07

图像场景区分与航空摄像机自动调光方法研究

王成艳^{1,2}, 刘晶红^{1*}, 楚广生¹, 王 宣¹

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 航空光学成像与测量重点实验室,

吉林 长春 130033, E-mail: 826035123@qq.com;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要: 针对航空摄像机在特殊场景(如背景较亮或较暗或存在较强干扰点时)下, 传统的调光算法无法实现正确曝光现象, 文章提出了基于场景区分的调光方法, 即根据采集的图像确定其相应的场景, 提取其目标区域控制摄像机的调光。通过场景区分的方法, 使得目标区域更加清晰, 如在一暗背景下, 目标区域的灰度平均值由传统的调光方法拍摄的 254.65 调到 124.39, 信息熵提高了 6.839; 在一亮背景下, 目标区域的灰度平均值由传统的调光方法拍摄的 92.098 调到 106.99, 信息熵提高了 0.188。

关 键 词: 航空摄像机; 自动调光; 场景区分; 目标区域提取

中图分类号: O753.2 文献标识码: A DOI: 10.3788/YJYXS20132806.0948

Scene Distinguish and Aerial Camera Auto-Dimming

WANG Cheng-yan^{1,2}, LIU Jing-hong^{1*}, CHU Guang-sheng¹, WANG Xuan¹

(1. Key Laboratory of Airborne Optical Imaging and Measurement,

Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences,

Changchun 130033, China, E-mail: 826035123@qq.com;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: When aerial camera is used for particular scene (such as lighter or darker background, or there is a strong interference point), the traditional dimming algorithm will not be able to achieve the correct exposure. For this phenomenon, a method based on scene distinguish is proposed. First the target area is extracted according to the scene classification, then the information of the target area is returned in order to control the exposure time of the camera. According to this method, the quality of the image is improved. For example, the gray value of the target area decreased from 254.65 to 124.39 in a darker background, and the information entropy is increased by 6.839; the gray value of the target area increased from 92.098 to 106.99 in a lighter background, and the information entropy is increased by 0.188.

Key words: aerial camera; automatically dimming; scene distinguish; target area extracting

收稿日期: 2013-04-07; 修订日期: 2013-06-05

基金项目: 国家“863”高科技研究发展计划项目(No. 2008AA121803); 中国科学院航空光学成像与测量重点实验室基金资助项目(No. 2012MS06)

作者简介: 王成艳(1987—), 女, 吉林榆树人, 硕士研究生, 主要从事基于场景区分的航空摄像机自动调光方法研究。

* 通信联系人, E-mail: liu1577@126.com

1 引 言

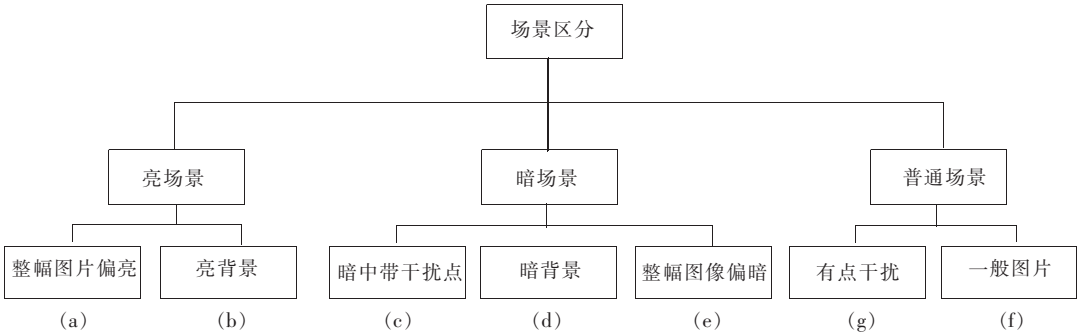
自动调光控制是指以人的视觉主观感觉为依据通过控制曝光量使图像亮度最优化的过程^[1]。传统的调光方法一般是通过不断获取一幅图像的整场平均灰度值,然后与参考阈值相比较,进而控制调光系统进行实时修正^[2]。但是在一些特殊场景,该方法无法实现正确曝光,如当背景占据了整个 CCD 靶面的绝大部分时,无论是亮背景还是暗背景,积分结果都将以背景为主,目标区域的成像照度很难达到最佳值;当目标区域面积很大,但是局部区域存在较强的干扰点时,其对应的视频输出信号的幅值很高,积分结果将影响到目标的成像质量,无法实现最佳曝光^[3];当拍摄的图像是半空半地,整幅图像的灰度平均值在阈值附近震荡时,摄像机容易出现自激现象。

针对暗背景和亮背景问题人们提出了多种自动曝光控制方法^[1-6]。如文献[4]中提出图像分

区的方法,通过赋予各区域不同的权值将曝光重点放在屏幕中央,但该方法将受到主要拍摄对象位置的影响而无法实现正确曝光。文献[5]中提到的主体鉴别方法是将图像的主体区域用梯度阈值法将该区域分为黑白两部分,统计各部分的所占的比重来确定亮暗背景。上面所述的自动曝光方法虽然很大程度上提高了相机和摄像机的自动曝光性能,但是仍然无法对任意场景进行有效的自动曝光控制。本文从图像的直方图中提取若干特征参数,判断图像属于的场景,并根据其场景选择主体目标,通过阈值法将目标主体提取出来并由其灰度信息控制摄像机的曝光时间。

2 场景区分

根据航空拍摄的特点,可能拍摄的图像细分为 7 种情况,如图 1 所示。观察实例图 2(a)并统计它们的直方图 2(b)的特点可以将其进行区分。



2.1 大场景的区分

针对不同的场景选择图片进行灰度直方图的观察,如图 2 所示,从图中可以发现亮暗场景的图像灰度值比较集中于一侧,这样我们可以统计灰度值小于 64 的像素个数为 N_1 ,灰度值大于 192 的像素个数为 N_2 ,总的像素数为 N 。若 $N_1 > N/2$,为暗场景;若 $N_2 > N/2$,为亮场景;其他为普通场景。

2.2 细分每个大场景

图像的灰度直方图包含了丰富的图像信息,如图 2(b)所示,图中陡峭的峰值区域表示了亮度相同或相近的区域,其所包含的信息熵较小,基于人类视觉系统的视觉注意机制为非感兴趣区域;

而相对较为平坦的区域则为感兴趣区域。为了找出图像中不感兴趣的区域,通过单位门序列与归一化的直方图进行卷积和运算来寻找直方图中要求区域^[1],

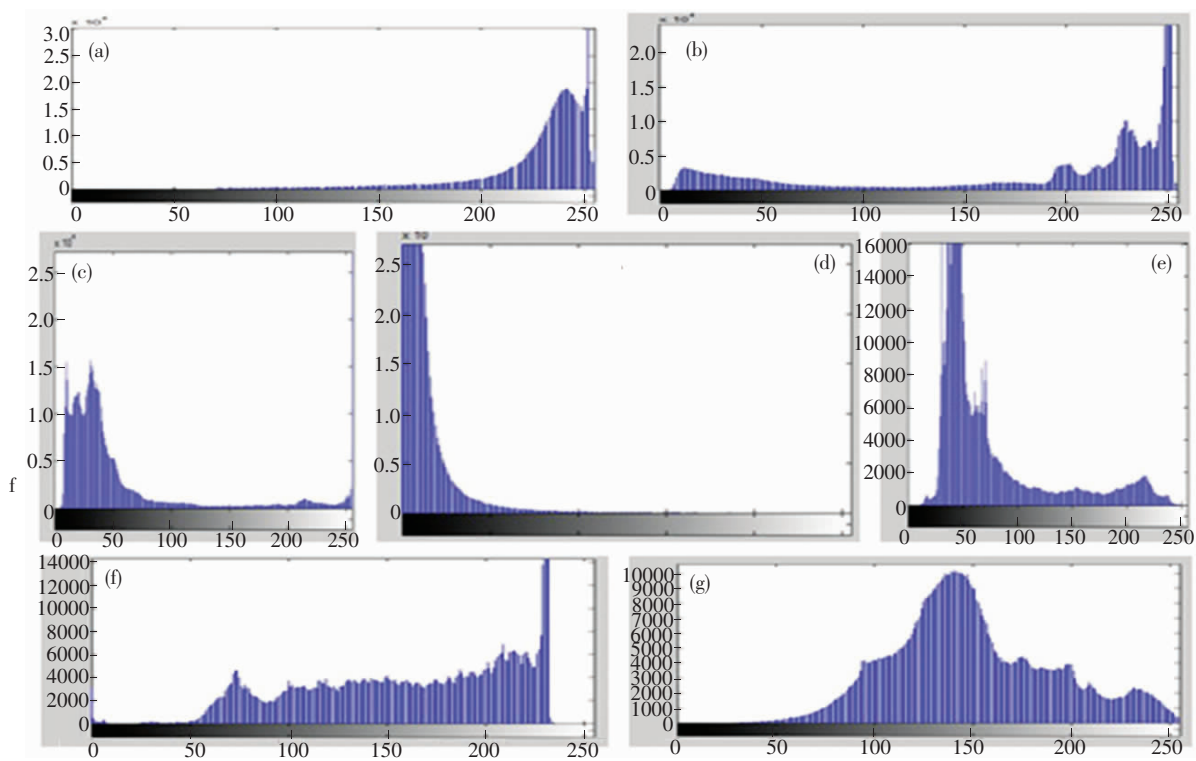
$$p(s) = \sum_{x=i}^{x=i+p_w-1} h(i) \tag{1}$$

其中, $p(s)$ 为单位门阵列与归一化直方图的卷积和, $h(i)$ 为图像归一化直方图, p_w 为单位门序列的宽度,关系图如图 3 所示。引用该方法后,对上述 7 幅图求 $p(s)$,如图 4 所示。

对于图 4(a)、(b)、(d)、(e)这 4 种情况分为两大类,其中(a)、(b)属于峰值在灰度值较高的区域;(d)、(e)属于峰值在灰度值较低的区域。为细分(a)、(b),则需查看是否存在灰度值较低的较为



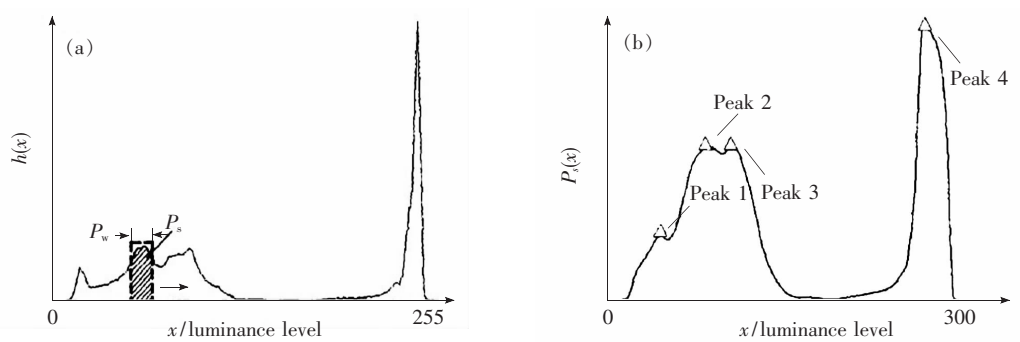
(a)特殊场景



(b)相应直方图

图 2 特殊场景及其相应直方图

Fig. 2 Figure of special scene & its histogram

图 3 $p(s)$ 、 p_w 关系Fig. 3 $p(s)$ 、 p_w relationship diagram

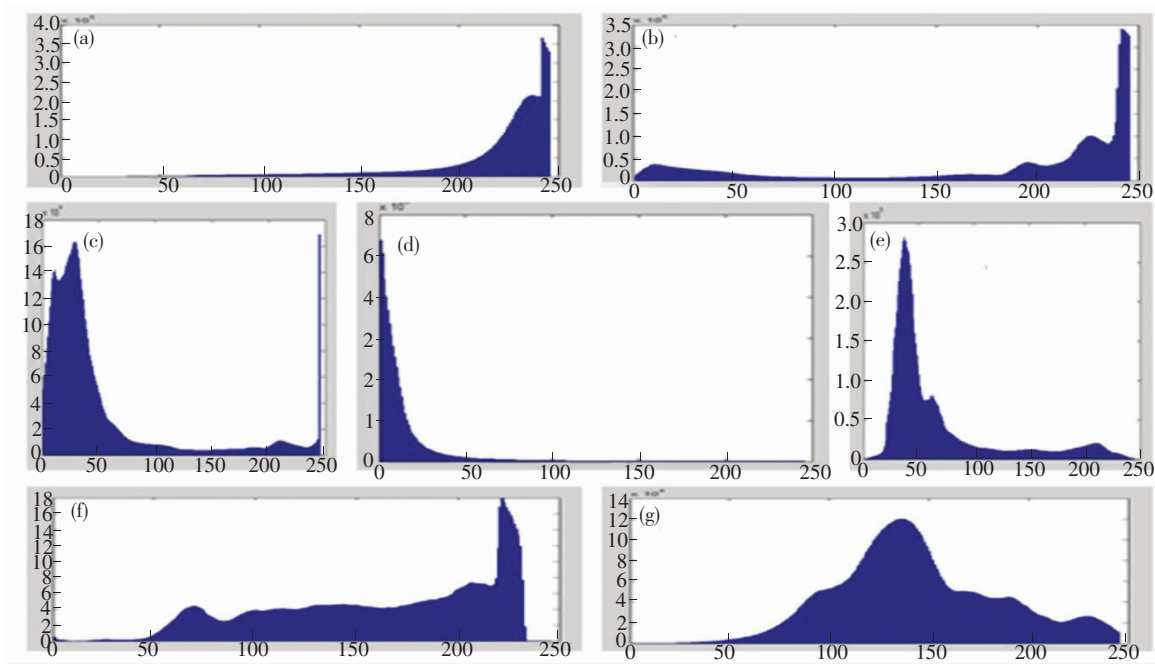


图 4 图 3 中各个图像的 $p(s)$ 图
Fig. 4 $p(s)$ of each image in Fig. 3

平坦的区域,存在则为亮背景,否则为整幅图片偏亮;同理,为细分(d)、(e),需查看是否存在灰度值较高的较为平坦的区域,存在则为暗背景,否则为整幅图片偏暗;对于(c)在灰度值较低的区域存在峰值,但在灰度值较高区域也存在陡峭的峰,此时需要将摄像机的曝光时间调低看所拍摄的图像的灰度直方图,在灰度值较高区域是否还存在陡峭的峰值,若是(如此幅图像)则说明其图片偏暗并带有大的干扰点,否则可能是曝光时间过度导致的该图像中亮部分的信息丢失,此时应为暗背景,去掉暗区,以亮区域的信息回馈控制曝光量;同理对于一般场景,在灰度值较高的区域存在较为陡峭的峰为有干扰点的情况,否则为最为普通的图像。在区分过程中记下陡峭峰的位置 $\max$ (注:后面去除背景时用到)。

3 目标提取

对于图 2(a)、(d)、(g) 3 种情况而言,用普通的调光算法就可以达到很好的调光效果,此时可以将整幅图像的信息反馈控制快门的积分时间;但对于(b)(c)(e)(f),如果整幅图像的信息回馈控制像机的曝光时间必然使得曝光不够准确,影响图像的质量,为此我们需要将以上 4 类种情况的目标区域提取出来。

3.1 图像分块

针对航空拍摄,为达到合理的调光效果,本文的主要思想是把目标区域提取出来,这里针对的目标区域并非针对某一物体,而是不含对曝光量影响很大的区域(如亮度较高的天空,反光度较高的沙滩等),针对这一特点,所要处理的图像非目标区域的灰度值比较集中单一,本论文主要采用阈值分割法提取目标区域(下面有所介绍)。但目标区域中各物体灰度各异,个别物体的某个部分灰度可能亮度过大或过小,容易判断为非目标区域而被去掉。因此这里,为使得目标区域完整,在对目标区域提取之前可以将图像进行平均分块处理,本实验摄像机拍摄的图像为 $1\,024\times 768$,通过实验分为 32×24 块,每块为 32×32 时效果较好,分块不宜分的过大也不宜过小,过大降低图像的对比度,不利于下一步的目标提取,过小区域完整性差。将图像分好块后,求出每块的灰度平均值,形成新的灰度矩阵 $\mathbf{P}$,用 $\mathbf{P}$ 中的灰度值与阈值比较,提取出目标区域即为所求^[6]。如图 5 所示,(c)为分 32×24 块后用阈值分割法提取的目标结果,(a)(b)为分块示意图。(f)为分 64×48 块后用阈值分割法提取的目标结果,(c)(d)为分块示意图(注:该图为半空半地情形,目的提取地面信息,去除空中部分),在图(a)中可以看到点 A 处的

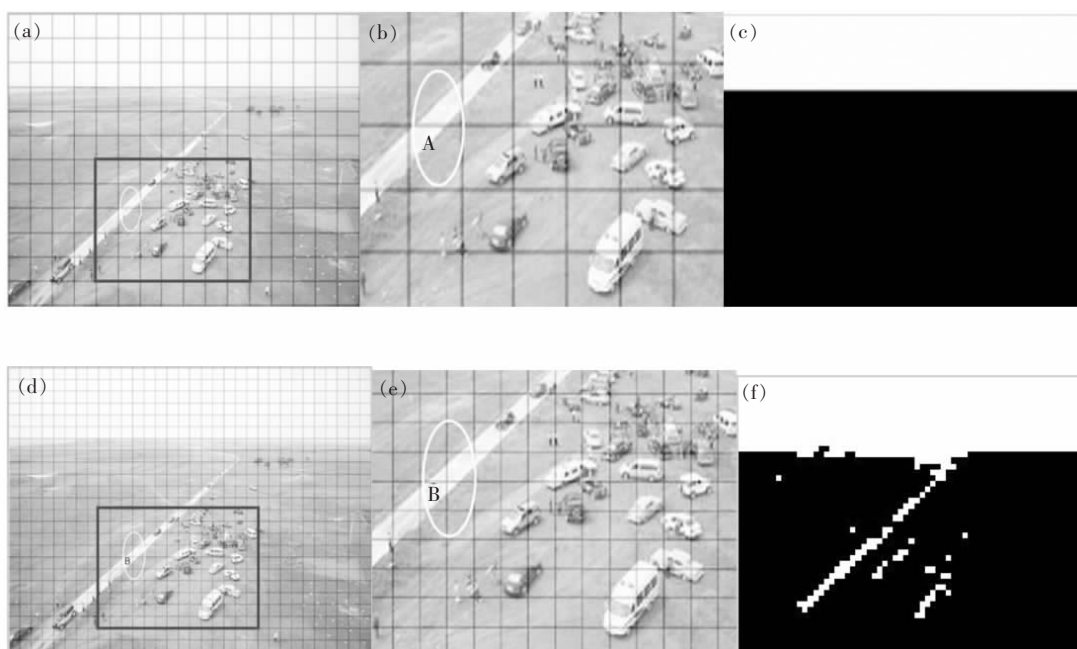


图 5 不同的分块后阈值分割的结果

Fig. 5 Different segmentation about the different size of block

路面信息占所在的小块很小部分,这样小块内的灰度平均值将在目标阈值范围内,而同样一处信息 B 因为在图(d)中分块过小,占小块的大部分,使得小块内灰度平均值在目标阈值范围外,因而该处被划为干扰点,从而出现了图 5 中(c)、(f)两幅分块后阈值分割的结果,其中黑色部分是目标区域,白色部分是要去除的背景区域,显然(f)中的部分目标被误判断为背景,破坏了目标区域的完整性,即分为 32×24 块更加合理。

3.2 阈值选取

前面提到,针对航空拍摄的特点,本论文中要去除的非目标区域的灰度值比较集中单一,因而采用阈值分割法就可以达到很好的效果。常见的阈值分割法有双峰阈值分割法、直方图变换法、最大类间方差法,最小误差法等^[7]。其中双峰阈值分割法虽简单但只能用于直方图波峰波谷明显的图像,最大类间方差法、最小误差法及各种二维直方图分割法等分割精细但算法相对复杂^[8],而本论文根据航空拍摄图像的非目标区域的灰度值比较集中单一的特点,结合正态分布的特点提出新的简单有效的阈值选取方法。在场景区分中我们记下了陡峭峰点的灰度值 $\max$,即为干扰点或背景区域灰度集中的灰度值点,把该峰的分布近似为正态分布,以图 2(a)中 b 图为例,其直方图及

其近似的正态分布曲线如图 6 所示,由统计学的知识我们知道正态分布中 2.5δ 之内的占统计的 95% 以上,为此针对亮背景我们选取 $T_1 = \max - 2.5\delta$ 为分割的阈值;暗背景选取 $T_2 = \max + 2.5\delta$ 为分割阈值。 δ 的计算是根据图像 $p(s)$ 图分布近似拟合出其正态分布曲线,算出其标准差 δ :

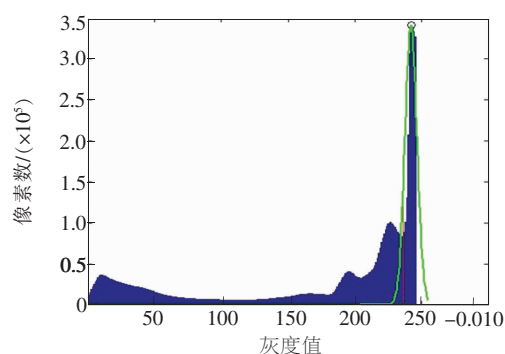


图 6 图像 3(a)、(b)的灰度直方图及其正态分布拟合图

Fig. 6 $p(s)$ & its normal distribution fitting of Fig. 3 (a), (b).

$$\delta = \frac{\sum_{i=x_1}^{x_2} (i - \max)(i - \max)h_i}{\sum_{i=x_1}^{x_2} h_i} \quad (2)$$

其中 i 为灰度值, x_1, x_2 为 i 的取值范围, x_1, x_2 的选取也是根据图像的 $p(s)$ 图,以灰度值为 $\max$ 处为中心分别向其两侧找到刚好低于其像素个数

$0.75h_{\max}$ 的点所对应的灰度值即为 x_1, x_2 , 此方法也是根据正态分布的特点在灰度值 $x_1 - x_2$ 范围内占统计的 90% 以上, h_i 为灰度值为 i 的 $p(s)$ 值。

在判断完图像的场景后便知道了图像的取舍, 如图 2 中的 (a)(d)(g) 整幅图像都保留; (b)

(c)(f) 去掉较亮部分, 阈值取为 T_1 , (e) 去掉较暗的背景, 阈值取为 T_2 ; 去掉干扰点或背景后剩下的区域为目标区域, 对目标区域可以使用区域灰度平均值法或信息熵法等传统方法进行调光。(b)、(c)、(e)、(f) 的 4 幅图像提取目标后分别如图 7 中 (a)(b)(c)(d) 所示。



图 7 图 3(a) 中部分图像的分割效果图
Fig. 7 Part of divided images in Fig. 3

3.3 信息熵反馈

对于一幅 $m \times n$ 的灰度图像, 设一数组 $a[i], (i=0 \sim 255)$ 表示每个灰度等级的像素个数, 则每个灰度等级的概率如下:

$X_i: 0 \qquad 1 \qquad \cdots \qquad 255$
 $a[0]/(m \times n) \ a[1]/(m \times n) \ \cdots \ a[255]/(m \times n)$

整幅图像的信息熵为:

$$H(X) = - \sum_{i=0}^{255} P(X_i) \log(P(X_i))$$

由于信息熵与曝光时间之间存在着较好的曲线关系, 通过一定的搜索算法, 可以找到使得图像信息熵最大的曝光时间^[9]。本实验将目标区域作为要求的一幅图像, 算得其相应的信息熵反馈控制相机的曝光时间, 使得曝光更加合理。

4 实验结果对比

实验环境限制, 仅拍摄亮暗背景两种代表性图片, 用场景区分的方法与传统的平均值法进行比较, 试验结果如图 8 所示 (a、c 为传统方法, b、d 为本实验方法)。a、b 为暗背景下两种不同的调光, a 为传统方法, 用整幅图片的灰度平均值做反馈, 灰度平均值低于阈值继续将图像调亮, 真正的目标完全看不见; b 为场景区分, 去掉背景灰度后, 继续将图像调暗, 使有用图像得以真实再现。

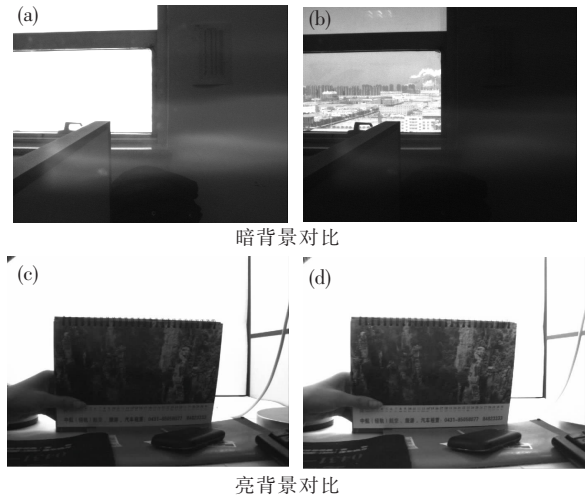


图 8 试验结果对比
Fig. 8 Contradistinction of the experiment results

表 1 两种方法目标区域的灰度平均值及其信息熵
Table 1 Average gray & information entropy of the target area by two methods

图像	信息熵	灰度平均值
a	0.074 3	254.653 1
b	6.913 0	124.396 8
c	6.230 6	92.098 0
d	6.418 6	106.996 3

同理,c、d 为亮背景下两种不同的调光,c 为传统方法,整幅图片的灰度平均值大于阈值将图像调暗,目标区域看不清楚;d 为场景区分,去掉背景灰度后,继续将图像调亮,使得目标区域更加清晰。表 1 为两种方法目标区域灰度平均值及信息熵。

5 结 论

通过实验结果可以看出,文章提出的基于场

景区分的方法可以很好地将目标区域提取出来,并通过信息熵反馈控制的方法使得目标区域的曝光量更加合理,进而提高图像的质量。克服了传统方法暗背景下目标区域曝光过度,及亮背景下目标区域曝光不足等现象。下一步将利用本实验的方法对有强干扰点及摄像机容易出现自激现象的场景进行试验研究。

参 考 文 献:

- [1] 杨海涛,常义林,王静. 一种基于亮度直方图的自动曝光控制方法 [J]. 光学学报,2007,27(5):841-846.
- [2] 张宇,赵贵军,李国宁. 用于目标跟踪的大视场 CCD 相机自动调光方法及实现 [J]. 液晶与显示,2009,24(6): 928-932.
- [3] 刘志国,刘晶红. 机载可见光摄像机调光方法研究 [J]. 液晶与显示,2011,26(2):249-254.
- [4] 甘玉泉,高伟. 一种基于图像分区的自动曝光算法 [J]. 微计算机信,2009,25(4):303-304.
- [5] Liang JiaYi, Qin YaJie, Hong ZhiLiang. An auto-exposure algorithm for detecting high contrast lighting conditions [C]//7th International Conference on ASIC, New York:IEEE,2007:725-728.
- [6] 梁佳毅. 高性能数码相机自动曝光算法研究与实现[D]. 上海:复旦大学,2008.
- [7] 章毓晋. 图像工程(中册)图像分析 [M]. 第二版. 北京:清华大学出版社,2005:73-103.
- [8] 林佳颖. 基于 Renyi 熵的图像分割算法研究[D]. 长春:吉林大学,2010.
- [9] 楚广生. 一种基于信息熵的自动调光方法 [J]. 光机电信息,2010,27(1):20-22.