

利用直方图调光算法来提高车牌识别率^①

杨博雄^{1,2}, 耿文波^{1,2}, 黄 静^{1,3}

¹(北京师范大学珠海分校 信息技术学院, 珠海 519087)

²(北京师范大学研究生院 珠海分院, 珠海 519087)

³(珠海市图形图像公共实验室, 珠海 519087)

摘 要: 在现有各种调光方法的研究基础上, 提出一种基于图像策略的先进调光算法—车牌直方图调光算法的车牌抓拍与识别方法. 首先, 利用车牌的直方图分布来判断曝光信息, 根据曝光信息, 在亮度模式下通过调节亮度基准的方式实现在复杂光照条件下的自动曝光控制, 克服了现有调光方法的不足. 同时本文也介绍了该调光算法的具体实现流程. 最后以“智通慧眼”车牌抓拍识别设备为例, 对该算法进行了实地测试. 实验结果表明, 与传统调光的车牌识别算法进行比较, 本文提出的算法可以有效地提高车牌识别率, 并可以直接在车牌抓拍与识别的前端嵌入式视频采集设备中得到应用.

关键词: 直方图调光; 曝光信息; 车牌识别; 自动曝光控制

Enhancing License Plate Recognition Rate through Histogram Dimming Algorithm

YANG Bo-Xiong^{1,2}, GEN Wen-Bo^{1,2}, HUANG Jing^{1,3}

¹(Information Technology College, Beijing Normal University, Zhuhai 519087, China)

²(Zhuhai Branch, Graduate School of Beijing Normal University, Zhuhai 519087, China)

³(Public Image and Graphics Laboratory of Zhuhai City, Zhuhai 519087, China)

Abstract: With the study of existing dimming methods and the consideration of the current research situation about AEC algorithm, an original feedback auto dimming algorithm based on image strategy which use the information of histogram of license plate has been proposed in this paper. The algorithm which has been presented uses distribution of histogram of license plate to judge the exposure information, and then takes advantage of the judgement information by adjusting brightness base under brightness mode to achieve automatic exposure control at the circumstance of complex lighting conditions, which overcomes the drawbacks of existing dimming methods. Meanwhile, the procedures of how above dimming algorithm works has been introduced in detail and then the algorithm has been effectively tested in practice. Finally, the algorithm is a field test conducted field tests based on the existing dimming method of “Smart Zhitong Eye”. The experimental results show that the proposed algorithm can effectively improve the recognition rate compared with the traditional dimming algorithm of license plate recognition, and can be directly applied in the front-end embedded video acquisition and recognition of license plate capture equipment.

Key words: histogram dimming; exposure information; license plate recognition; auto exposure control

车牌号码的自动识别广泛应用电子警察、不停车收费(ETC)、智能泊车、刑事侦测等应用领域中, 但是由于天气等因素的影响经常会使成像模糊, 导致车牌号码的识别率降低^[1,2]. 针对复杂的光照条件和动态场景, 若有一种调光算法能够根据环境照度的变化自动

调整调光亮度基准, 使其能够有效的应对环境照度的变化带来的不利影响, 那么识别系统的识别率就会大大提高, 对于智慧城市、平安城市的建设将会有积极的推进作用^[3-5].

图片的灰度直方图包含着丰富的灰度信息, 而车牌

① 基金项目:国家自然科学基金(61272364)

收稿时间:2015-05-18;收到修改稿时间:2015-07-02

识别系统中的识别主体是车牌号码, 因此可以用当前图片中车牌直方图的分布信息来表征当前的曝光信息^[6,7]. 因此, 对于车牌识别系统来说, 基于车牌直方图的调光思路是根据当前图片的曝光信息来设置下次拍摄的曝光参数, 利用当前帧中车牌直方图的分布信息来判断曝光信息, 再根据当前的曝光信息来调整亮度基准, 从而为下一帧曝光提供准确的曝光参数^[8,9]. 在多帧识别技术中, 该方法能够有效的进行自动曝光控制, 当环境照度发生变化时, 这种变化带来的影响会在车牌直方图的分布中体现出来, 形成一个良好的反馈调节方式, 再根据反馈信息来调整亮度基准^[10-12].

1 基于车牌直方图的曝光信息分析

根据车牌特点, 在一块车牌中, 一半以上的面积是车牌的底色, 字符只占据着相对较小的一部分, 因此底色所对应灰度级的像素点约为总像素点一半以上, 如此多的像素点反映在车牌直方图中就是一个峰值, 峰值对应的亮度级反映出来的就是车牌感受到的曝光信息^[6,7]. 为此, 本文根据车牌直方图的特点, 从车牌直方图中峰值位置与曝光信息出发, 为车牌识别系统提出了一种切实可行的自动曝光算法.

根据车牌种类的不同, 常见车牌可分为蓝底白字, 黄底黑字, 白底黑字, 以及黑底白字如图 1 所示.



图 1 常见的四种车牌图

图 1 直观地展示了四种车牌的字符与车牌底色之间的关系. 从图 1 可以看出车牌的底色的像素点与字符像素点的差别, 车牌底色的像素点约占车牌总像素点的一半以上, 而字符的像素点只占总像素点一小部分比例. 除此之外车牌底色和字符颜色有明显的色差, 对比度明显. 下面从直方图的角度看一下车牌底色和字符的关系, 四种车牌的直方图如图 2 所示.

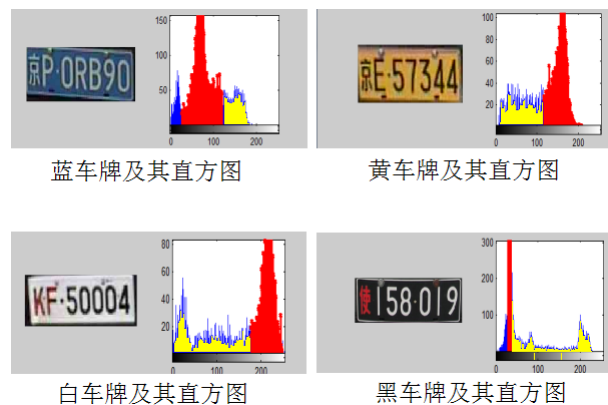


图 2 车牌图及其直方图信息

图 2 展示了四种车牌及其对应的直方图, 直方图中红色部分对应是车牌底色在直方图中所处的位置以及每个位置上所拥有的像素点, 黄色部分对应的是字符在直方图中的所处的位置以及每个位置上所拥有的像素点. 直方图中的峰值体现了车牌底色像素点在车牌总像素点中所占的比例, 而峰值对应的灰度级反映出的就是图片的曝光信息, 以蓝底白字车牌为例, 当车牌直方图的峰值偏左时, 此时可以判定当前图片的曝光信息为欠曝, 下次抓拍时需要提高调光亮度基准, 当车牌直方图的峰值偏右时, 此时可以判定当前图片的曝光信息为过曝, 下次抓拍时需要降低调光亮度基准, 蓝牌车的车牌直方图与曝光信息如图 3 所示.

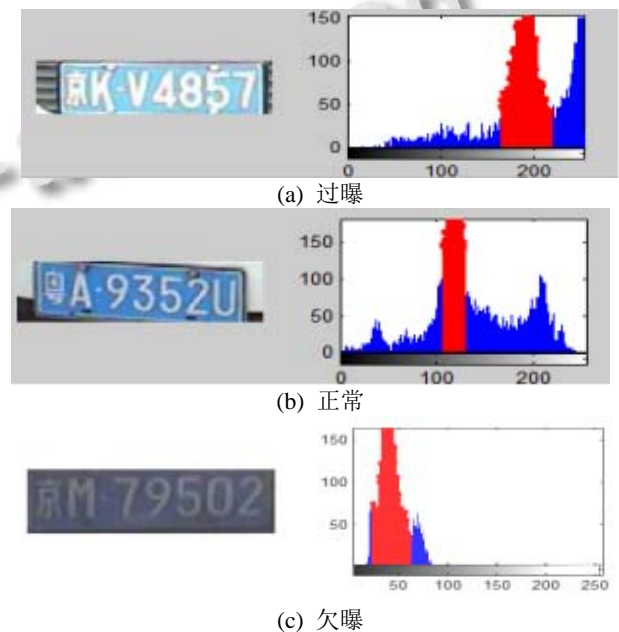


图 3 蓝车牌直方图与曝光信息

图 3 直观地展示了车牌直方图是能够反映曝光信息的, 因此利用车牌直方图的信息来进行自动曝光控制在理论上是切实可行的, 通过计算车牌直方图中峰值出现的位置就可以知道曝光是否合适, 即:

$$ExposureInfo = \begin{cases} 0: & \text{if } (|PeakBrightness - PeakBase| < Threshold) \\ 1: & \text{if } ((|PeakBrightness - PeakBase| > Threshold) \& \& (PeakBrightness > PeakBase)) \\ -1: & \text{if } ((|PeakBrightness - PeakBase| > Threshold) \& \& (PeakBrightness < PeakBase)) \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中 ExposureInfo 表示当前帧的曝光信息, 0 表示曝光正常, 1 表示过曝, -1 表示欠曝; PeakBrightness 表示当前帧中车牌直方图的峰值亮度, PeakBase 是一个峰值亮度基准, Threshold 是一个阈值. 当 PeakBrightness 在 [PeakBase-Threshold, PeakBase+Threshold] 区间时, 可以判定当前帧的曝光是正常的, 否则, 判定为曝光异常. 在曝光异常的前提下, 若 PeakBrightness 大于 PeakBase, 则可进一步判定当前帧的曝光状态为过曝, 若 PeakBrightness 小于 PeakBase, 则可以判定当前帧的曝光状态为欠曝. 在亮度优先的自动曝光模式下, 如果当前反馈的曝光状态是过曝, 那么应将当前设置的亮度基准降低, 如果当前反馈的曝光状态是欠曝, 那么应将当前设置的亮度基准提高, 如果曝光正常, 那么应维持当前设置的亮度基准.

除了曝光因素对车牌识别有影响外, 另一个影响车牌识别的因素是车牌亮度对比度, 车牌亮度对比度影响着车牌识别步骤中的二值化, 如果亮度对比度不足二值化便不能顺利进行, 此时严重影响着车牌的识别. 当车牌为蓝牌或者黑牌时, 车牌字符的颜色为白色, 因此, 字符的像素点分布在车牌直方图中最右端, 即峰值亮度的右侧. 当车牌为黄牌或白牌时, 车牌字符为黑色, 因此, 字符的像素点分布在车牌直方图中最左端, 即峰值亮度的左侧. 如图 4 所示.

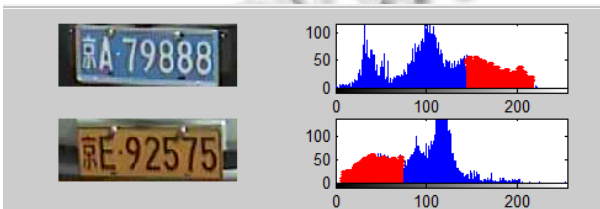


图 4 蓝牌和黄牌中字符在直方图中的分布

在图 4 中, 红色区域即为车牌中的字符部分, 现将车牌对比度定义如下:

$$BrightnessContrast = \begin{cases} MaxBrightness - PeakBrightness, & \text{if PlateColour is Blue or Black} \\ PeakBrightness - MinBrightness, & \text{if PlateColour is Yellow or White} \end{cases} \quad (2)$$

$$BrightnessContrastInfo = \begin{cases} 0, & \text{BrightnessContrast} > Threshold \\ -1, & \text{BrightnessContrast} < Threshold \end{cases} \quad (3)$$

式(2)中 BrightnessContrast 表示的是车牌亮度对比度, MaxBrightness 表示车牌直方图中像素点不为零的最大亮度值, MinBrightness 表示车牌直方图中像素点不为零的最小值亮度值, PeakBrightness 表示车牌直方图中峰值亮度. 式(3)中, BrightnessContrastInfo 表示当前车牌亮度对比度的信息, 0 表示对比度满足要求, -1 表示当前车牌亮度对比度不足, Threshold 是一个阈值. 利用式(2)、式(3)可以进一步判定当前帧的曝光信息, 当对比度满足要求时, 这是可以维持当前的亮度基准, 当对比度不足时, 此时应提高当前的亮度基准使对比度满足要求.

通过式(1)、式(2)、式(3)得出 CCD 相机当前帧的曝光信息, 通过当前帧反馈的曝光信息, 再动态调整亮度基准可以达到准确的自动曝光控制, 使下一帧的曝光图片质量达到最佳.

由式(1)、式(2)可知, 算法需要的参数如下:

- ①峰值基准 PEAKBASE, 该参数是一个经验值, 是从大量实验数据分析所得.
- ②峰值基准阈值 PeakBaseThreshold, 该参数用于当车牌直方图峰值在 [PEAKBASE-PeakBaseThreshold, PEAKBASE+ PeakBaseThreshold] 区间内, 认定当前帧曝光正常, 无需调节当前亮度基准.
- ③对比度阈值 ContrastThreshold, 该参数是在判断曝光信息后用来判断对比度信息.
- ④调光亮度基准 BrightBase, 当亮度基准设定后, CCD 的光圈、快门、增益等会自动调节至合适的参数, 该值在自动曝光控制中会根据曝光信息和对比度信息自动增加或减少.
- ⑤调节步 AdjustSte, 该参数用来调光亮度基准调节的大小.
- ⑥调光基准上限 BrightAdjustUpLimit, 该参数是调光基准的调节上限.
- ⑦调光基准下限 BrightAdjustDownLimit, 该参数是调光基准的调节下限^[13].

2 基于车牌直方图AEC算法设计

2.1 不同车牌直方图参数的归一化

前面已经详细介绍了四种车牌以及他们的直方图特性, 由于四种车牌的底色各不相同, 因此他们的峰

值亮度也会不一样,对应的峰值亮度基准 PeakBase 也就不同,在设计自动曝光算法时要分四种方案处理,这无疑加大了算法的复杂性,不符合实时处理的要求.若能能将自动曝光控制参数归一化到一个通用方案的参数上时,这样就简化了算法的复杂度,为其他线程的执行节省了时间.在四种车牌中,蓝牌车最多且最为常见,故选择蓝牌车的车牌直方图参数为通用参数,将其他三种车牌的参数归一化为蓝牌车的直方图参数^[14,15].在 YUV 颜色空间中,RGB 与 YUV 之间的关系为:

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.229 & 0.578 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.463 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{cases} R = Y + 1.14V \\ G = Y - 0.39U - 0.58V \\ B = Y + 2.03U \end{cases} \quad (5)$$

利用式(4)与式(5),在同等光照强度下可以测得黄牌车的底色亮度约为蓝牌车的 2 倍,白牌车的底色亮度约为蓝牌车的 3 倍,黑牌车的底色亮度约为蓝牌车的 0.5 倍;而峰值亮度代表的就是车牌底色的亮度,因此在参数归一化后,算法就变得较为简洁.

2.2 实现算法

1)在调光亮度基准为 BrightBase 时,若当前帧的车牌直方图峰值落在区间

$[PEAKBASE - PeakBaseThreshold, PEAKBASE + PeakBaseThreshold]$ 内,并且对比度 BrightnessContrast 大于 Contrastthreshold,此时可以判定此调光亮度基准满足要求,只需维持该调光亮度基准;若对比度 BrightnessContrast 小于 Contrastthreshold,则当前调光亮度基准不满足要求,此时需要提高调光亮度基准 $BrightBase = BrightBase + AdjustStep$.

2)当调光亮度基准为 BrightBase 时,如果当前帧的车牌直方图峰值落不在区间 $[PEAKBASE - PeakBaseThreshold, PEAKBASE + PeakBaseThreshold]$,则可以判定当前帧曝光异常.

当判定曝光信息为过曝时,此时需要降低调光亮度基准 $BrightBase = BrightBase - AdjustStep$.

当判定曝光信息为欠曝时,此时需要提高调光亮度基准, $BrightBase = BrightBase - AdjustStep$.

3)当调光亮度基准调整完毕后,再判断调光亮度基准是否越限.若越上限则调光亮度基准 $BrightBase =$

$BrightAdjustUpLimit$,若越下限则调光亮度基准 $BrightBase = BrightAdjustDownLimit$.

图 5 为整个调光算法的流程图.

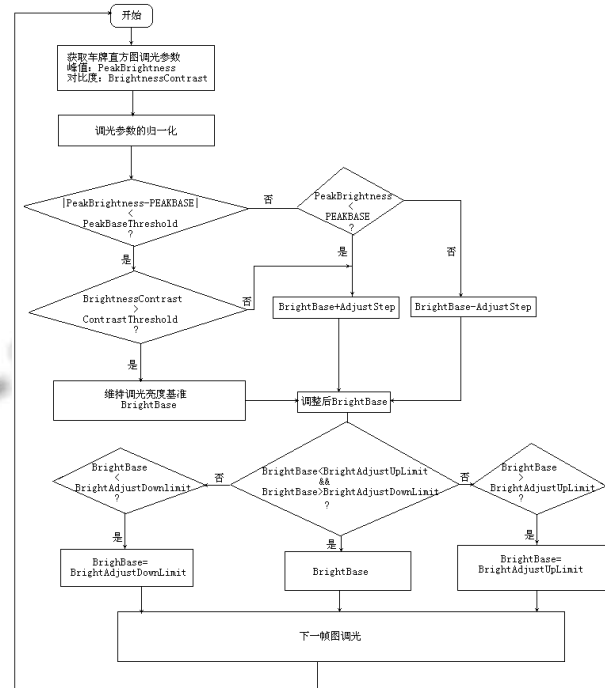


图 5 基于车牌直方图的调光算法

3 算法的测试结果

3.1 测试环境搭建及参数选取

本算法测试的硬件平台为“智通慧眼”,它是汉王智通科技有限公司为智能泊车管理系统量身定制的一款一体化嵌入式车牌抓拍识别设备.依托“智通慧眼”中 DSP 强大的实时处理能力实现对视频图像的实时调光,在 DSP 集成软件开发环境 CCS(Code Composer Studio)中完成整个调光算法的开发与调试,算法通过调试后进行了实地测试.本文选取识别率作为评价指标来对测试结果进行检验.

为了验证本算法的有效性,测试选取北京某小区和广州某小区两个测试点进行了实地测试,这两个测试点强顺逆光不识别的问题较为突出,客户多次反映在某个时间段里清晰不识别的车辆较多.本测试的环境为露天自然光照,表 1 为本次测试的调光参数.

本次测试的具体步骤是在算法的开发完成后,将代码做成升级包通过调试软件对“智通慧眼”进行在线升级,升级完毕后设置的调光参数初始值如表 2 所示.

表 1 本次测试的调光参数值

参数名称	参数范围
光圈	F1.4~F22
增益	-3dB~28dB
快门	1/50~1/10000
PEAKBASE	85
PeakBaseThreshold	15
ContrastThreshold	90
BrightBase	100
AdjustStep	±5, ±10, ±15
BrightAdjustDownLimit	80
BrightAdjustDownLimit	160

表 2 调光参数初始化值

参数名称	参数初始化值
光圈	F1.4
增益	0dB
快门	1/1000
PEAKBASE	85
PeakBaseThreshold	15
ContrastThreshold	90
BrightBase	100
AdjustStep	0
BrightAdjustDownLimit	80
BrightAdjustDownLimit	160

3.2 基于识别率的测试结果评价

调光的主要目的在于提高识别率，同时识别率也是各个车牌识别设备厂商的核心竞争标准，因此通过识别率来评价本算法十分可靠。

本次识别率计算公式如下：

$$\text{识别率} = \frac{\text{有识别结果的车辆总数}}{\text{所抓拍到的车辆总数}} \times 100\%$$

识别率是正确识别率的前提条件，只有有了识别结果才能判定此次识别为正确识别还是错误识别，在本次结果评价中，分别选取了同一测试地点升级前与升级后各 6 天的数据作对比分析，分别统计了不识别、误触发、无车牌，斜车牌四种导致无识别结果事件的数目以及总车辆的数目。式(4-1)中有识别结果的车辆总数等于总车辆数减去不识别数目再减去斜车牌数目。升级前后的比对结果评价如表 3 与表 4 所示。

表 4 与表 5 分别记录了测试地点、识别设备的光照环境、测试数据的获取时间、调光方法等详细信息，同时选取了连续 6 天的数据保证了数据的充分性和可靠性。对比表 4 和表 5 可以看出，基于车牌直方图的调光方法的平均识别率明显高于分时间段调光方法和点曝光方法的识别率，不识别的车辆总数大大减少，尤其是处在逆光照环境下的 192.168.0.168 设备，程序升级之后不识别的数目大大减少，识别率更是比升级之

前高出 2 个百分点，可以看出在应对复杂光照条件，升级之后的调光方法有了较为明显的改善。

表 3 升级之前的识别率

调光方法	分时间段法						点曝光法						
	192.168.0.168 (逆光)						192.168.0.169 (顺光)						
设备 IP	不识别	误触发	斜车牌	无车牌	总车辆	识别率	不识别	误触发	斜车牌	无车牌	总车辆	识别率	
日期	(辆)	(次)	(辆)	(辆)	(辆)	(%)	(辆)	(次)	(辆)	(辆)	(辆)	(%)	
2015/01/12	6	2	6	3	472	97.45	6	2	12	1	498	96.18	
2015/01/13	2	4	6	3	481	98.33	12	4	13	3	504	95.04	
2015/01/14	12	5	5	5	450	96.22	1	10	2	5	476	99.37	
2015/01/15	20	9	6	8	474	94.51	4	5	7	9	478	97.69	
2015/01/16	18	4	2	8	505	96.03	5	6	6	5	519	97.88	
2015/01/17	11	7	5	7	465	96.13	1	0	9	5	475	99.87	
平均识别率统计	96.45						平均识别率统计						97.67

表 4 升级之后的识别率

调光方法	基于车牌直方图的调光方法												
	192.168.0.168 (逆光)						192.168.0.169 (顺光)						
设备 IP	不识别	误触发	斜车牌	无车牌	总车辆	识别率	不识别	误触发	斜车牌	无车牌	总车辆	识别率	
日期	(辆)	(次)	(辆)	(辆)	(辆)	(%)	(辆)	(次)	(辆)	(辆)	(辆)	(%)	
2015/01/20	4	5	6	9	502	98.01	0	8	6	14	509	98.82	
2015/01/21	0	3	8	11	454	98.24	3	15	8	11	456	97.59	
2015/01/22	0	2	6	5	433	98.81	0	11	4	6	447	99.11	
2015/01/23	1	1	7	13	552	98.55	8	4	4	16	561	97.86	
2015/01/24	1	6	1	11	490	99.59	1	6	1	13	502	99.60	
2015/01/25	0	4	6	9	445	98.65	1	11	6	8	449	98.44	
平均识别率统计	98.64						平均识别率统计						98.57

4 结语

本文在分析了“智慧眼”原有的调光算法的优缺点后，认真分析了图像直方图与曝光信息之间的关系以及四种车牌直方图的特点，提出了基于车牌直方图的自动曝光控制方法。该方法利用反馈调节的方式克服了分时间段调光的弊端，弥补了点曝光方法的不足，为有效应对强顺逆光等复杂光照条件提供了理论依据。同时，本文对该算法进行实地测试，验证了基于车牌直方图的调光算法对于复杂光照环境有较强的应对能力，能够保证车牌识别设备在复杂的光照条件下有较高的识别率，并且能够改善用户体验，提高抓拍图片质量。

当然，视频摄像的自动曝光控制需要解决的问题还很多，如区分正面强光和背光，目前还没有有效的基于图像策略的调光算法可以在动态场景中区分正面强光和背光^[16]。本文所提出的算法虽然在一定程度上可以应对如此复杂的光照条件，但是由于它绕过了正

面强光和背光这两种光照条件的判断,因此使用的时候还是会受到一定的局限。

参考文献

- 1 梁佳毅.高性能数码相机自动曝光算法研究与实现[硕士学位论文].上海:复旦大学,2008.
- 2 林中.基于图像分析的 3A 控制算法综述.南京工程学院学报,2011,9(4):6-13.
- 3 杨作挺,阮萍,翟波.基于图象熵的高动态范围场景的自动曝光算法.光子学报,2013,42(6):743-746.
- 4 关澈,王延杰.CCD 相机实时自动调光系统.光学精密工程,2008,16(2):359-366.
- 5 徐培凤.基于图像处理的自动调焦和自动曝光算法研究[硕士学位论文].镇江:江苏大学,2005.
- 6 杨海涛,常义林,王静,霍俊彦.一种基于亮度直方图的自动曝光控制方法.光学学报,2007,27(5):842-847.
- 7 何会杰,冯奇斌,张磊,张喜条,吕国强.基于图像分类的全局动态调光算法.光学学报,2013,33(8):213-219.
- 8 黄辉,任国强,孙健,雷雨.基于直方图统计的 CCD 相机调光算法.光电技术应用,2013,34(4):698-701.
- 9 Gu Q, Al Noman A, Aoyama T, et al. A fast color tracking system with automatic exposure control. 2013 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA). IEEE. Yinchuan, China. 2013. 1302-1307.
- 10 Vuong QK, Yun SH, Kim S. A new auto exposure and auto white-balance algorithm to detect high dynamic range conditions using CMOS technology. Lecture Notes in Engineering and Computer Science, 2008, 21731(1).
- 11 Shimizu S, Kondo T, Kohashi T, Tsuruta M. A new algorithm for exposure control based on fuzzy logic for video cameras. IEEE Trans. on Consumer Electronics, 1992, 38(3): 617-623.
- 12 Yang WR, Shiao YS, Su DT, et al. Design and implementation of fuzzy controllers for auto focus, auto exposure and zoom tracking. Tamkang Journal of Science and Engineering, 2008, 11(3): 305-312.
- 13 Rahman TM. Real-Time Face-Priority Auto-Focus And Adaptive Auto-Exposure For Digital And Cell-Phone Cameras [Thesis]. The University of Texas at Dallas, 2011.
- 14 Tao J, Kuhnert KD, Duong N, Kuhnert L. Multiple templates auto exposure control based on luminance histogram for on-board camera. Proc. 2011 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering(CSAE). 2011, 3. 237-241.
- 15 Kim HW, Kwon S, Jung JK, Ha JW. Auto-exposure control method for a stereo camera robust to brightness variation. International Journal of Control and Automation, 2014, 7(1): 321-330.