

文章编号:1672-2558(2011)04-0005-10

基于图像分析的3A控制算法综述

林 忠^{1,2}

(1. 南京工程学院计算机工程学院, 江苏 南京 211167;

2. 先进数控技术江苏省高校重点实验室, 江苏 南京 210013)

摘 要:3A控制是摄像器材中的三项自动控制功能. 随着计算机处理能力的提升和计算机视觉技术的发展, 基于图像分析的3A控制方法越来越多地应用于摄像器材中. 详细介绍基于图像分析的3A控制的各种方法, 分析各种方法的特点, 并对未来的研究提出一些建议.

关键词:自动曝光; 自动聚焦; 自动白平衡

中图分类号:TP391

Review of 3A Control Algorithm Based on Image Analysis

LIN Zhong^{1,2}

(1. Nanjing Institute of Technology Computer Engineering Department, Nanjing 211167, China;

2. Jiangsu Advanced Numerical Control Technology Key Laboratory, Nanjing 210013, China)

Abstract:3A controls are three automatic control functions in cameras. With the upgrading of computer processing power and computer vision technology, image-based 3A controls are increasingly used in camera equipments. This paper elaborates various methods of 3A control method based on image analysis and studies their features. Suggestions on future research are presented.

Key words: auto exposure; auto focus; auto white-balance

3A控制指自动曝光控制(AE)、自动聚焦控制(AF)、自动白平衡控制(AWB). 自动曝光控制能够自动调节图像的明暗度, 自动聚焦控制能够自动调节图像的焦距, 自动白平衡能够使得图像成像在经典光源下. 基本的3A控制是大部分摄像器材所必须的功能, 优秀的3A控制算法对于摄像器材的成像质量有着非常显著的提升作用. 目前该领域的研究还在不断深入中, 新的相关的专利技术也不断出现, 仅在谷歌学术搜索中搜索2010—2011年标题中包含“white balance”的美国专利就有46条结果出现.

1 自动曝光

影响图像亮度的因素有: 场景的照度、摄像机的光圈大小、曝光时间和增益. 在场景照度确定的情况下, 可以调节后三个参数来改变图像的亮度. 这三个参数的调节具有光圈调节较慢, 曝光时间的最大值受帧率限制影响, 增加增益值会放大噪声等特点.

图像的亮度一般用YUV中的Y分量表示, 其包含了93%的能量, 在需要简化计算复杂度的场合, 也

收稿日期: 2011-06-17; 修回日期: 2011-08-05

基金项目: 先进数控技术江苏省高校重点实验室青年开放基金项目(KXJ07120)

作者简介: 林 忠, 硕士, 讲师, 研究方向为图像处理、模式识别、计算机仿真.

E-mail: linz@njit.edu.cn

可以用G通道的值来代表像素的亮度^[1].

自动曝光算法可以分为基本的自动曝光算法和先进的自动曝光算法两类^[1]. 基本的自动曝光算法仅适用简单的亮度分析, 比如全局平均, 适用于较为简单的普通光照条件; 先进的自动曝光算法采用复杂的亮度分析技术, 力图对拍摄主体正确曝光, 使其适用于更多复杂的光照条件(比如背光或者强正面光).

1.1 基本的自动曝光算法

1.1.1 逐次逼近法

通过比较目标亮度和当前图像的平均亮度来逐步调节曝光时间、光圈或者增益, 使得调节后图像的平均亮度逐渐接近目标亮度. 文献[2]即是一种逐次逼近的方法. 图1是该方法的流程, 每一次迭代后, 输出新的曝光校正参数, 等到下一幅图像进行下一次迭代. 图2是曝光时间调节步长与亮度差的函数.

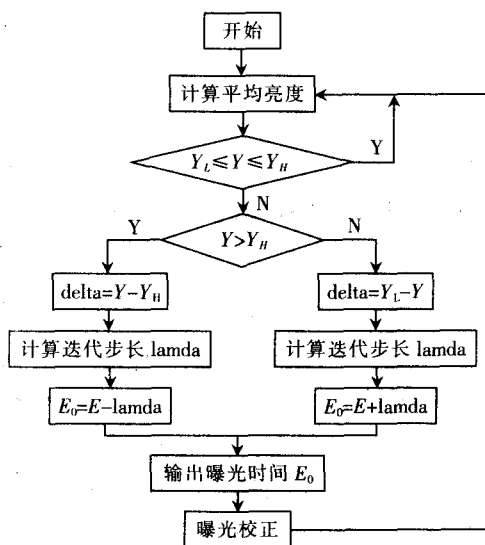


图1 文献[2]的自动曝光流程

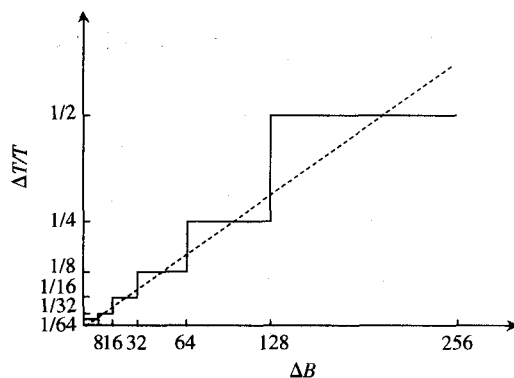


图2 曝光时间调节步长与亮度差的函数

文献[3]采用下式得到电子快门需要调整的步长

$$AE_{\text{step}} = (1/E_{\text{step}}) \log_2(T_y/Y_{\text{avg}}) \quad (1)$$

式中: E_{step} 为调整曝光时间的最小单位; T_y 表示图像的目标亮度; Y_{avg} 表示图像的平均亮度.

1.1.2 直接设置法

首先建立一个曝光函数模型. 前述已经知道图像的平均亮度由场景照度、光圈大小、曝光时间和增益共同决定. 如果能够建立一个由以上四个因素通过某种运算得到平均亮度的公式, 那么根据当前系统的平均亮度、当前的曝光参数(光圈大小、曝光时间和增益)可以求得场景照度. 然后计算新的曝光参数使得调节后的图像平均亮度为目标亮度值.

通常用一个统一的数值——光亮值 LV 来表示以上三个参数对图像的亮度所产生的效果, 由于增益通常被限定为最小值, 因此另一个数值为曝光值 EV ^[4]. LV 和 EV 的定义分别为:

$$LV = \log_2 \frac{100F^2}{ISO \cdot T} \quad (2)$$

$$EV = \log_2 \frac{F^2}{T} \quad (3)$$

式中: F 是光圈值; T 是曝光时间(单位 s); ISO 是增益大小.

文献[1]给出一种直接设置曝光参数的方法

$$EV_{n+1} = EV_n + \log_2 Y_n - 7 \quad (4)$$

1.2 先进的自动曝光算法

为了解决背光和强正面光的问题而加入一些图像分析策略,有三类方法:基于直方图的方法、基于图像分块的方法、基于图像融合的方法.

基于直方图的方法^[5-6]很难区分背光和强正面光^[7]. 基于图像分块的方法将图像固定分成几块区域, 应用加权或者分析分块对比度情况判断是否为背光或者强正面光的情况^[1,6,8]. 基于图像分块的方法一般假设主要对象在图像某个区域, 当主要对象不是一个或者不在主要区域或者没有一个主要对象时该方法将会失效^[7]. 基于图像融合的方法^[7,9], 是先判断图像是否处于背光或者强正面光的情况, 对于这些异常光照情况, 连续采集多幅不同曝光时间的图像, 然后融合这多幅图像. 基于图像融合的方法, 笔者认为由于需要不同曝光时间的若干幅图像, 需要较多的运算时间, 这对于实时性不高的照相机来说是可行的, 但是对于实时性要求较高的摄像机不太可行.

如果考虑摄像的最重要位置位于图像的中心和下部,那么可以使用基于图像分块的方法.文献[1]提出一种基于分块对比度的自动曝光算法.首先将图像均匀分为若干个小块,如图3所示,位于灰色区域的为主体区域.每一个小块的平均亮度为 Y_{ij} ,两个相邻块之间的对比度由垂直(C_{ijx})和水平(C_{ijy})方向亮度的一阶导数表示:

$$C_{ijx} = \frac{\partial Y_{ij}}{\partial i} \Big|_i = Y_{i+1j} - Y_{ij} \quad (5)$$

$$C_{ijy} = \frac{\partial Y_{ij}}{\partial i} \bigg|_i = Y_{ij+1} - Y_{ij} \quad (6)$$

使用一个阈值 T 将对比度的可能取值统一为三种情况,“.” ($|C_{ij}| < T$)、“↑” ($C_{ij} \geq T$) 和“↓” ($C_{ij} \leq -T$), 分别表示连续亮度、正向突变和负向突变。在垂直和水平方向上分别使用不同的阈值 T_x 和 T_y , 其值分别取为两个方向上的对比度的平均值。然后在水平和垂直方向上搜索连续的亮度块。只有在两个搜索方向上都被标记的块才被算作图像中的连续区域。图 4 为对图像中的一行进行搜索的例子, 图 5 为水平方向在一行中的搜索流程。

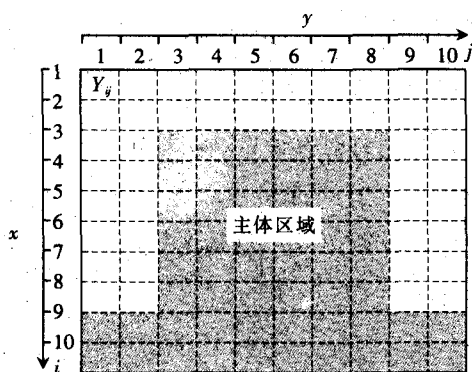


图 3 图像窗口的分割

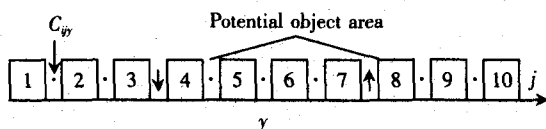


图4 对图像中一行进行搜索的例子

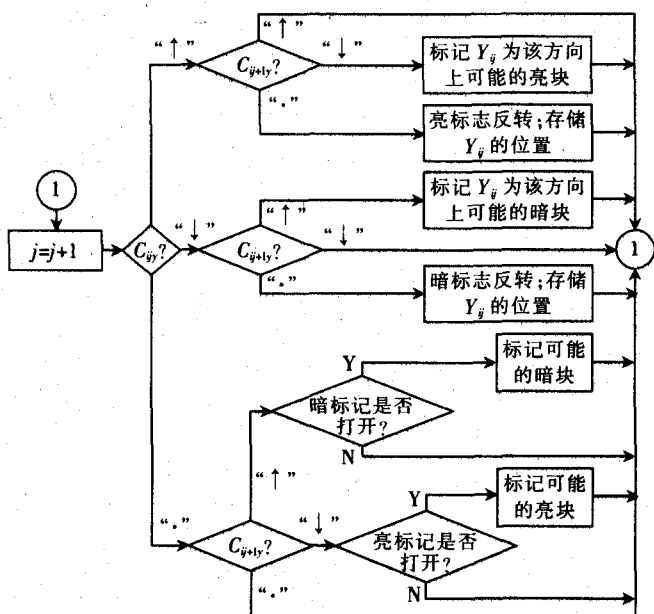


图 5 水平方向在一行中的搜索流程

在搜索过程完成之后,根据动态分区的结果对图像的光照条件(普通光照、背光或强正面光)进行判断.这一步骤仅仅涉及到“主体区域”.在“主体区域”中统计属于连续暗区的块的数量 N_{dark} ,属于连续亮区的块的数量 N_{bright} ,如果主体区域 N_{dark} 占主导,那么光照条件为背光;如果主体区域 N_{bright} 占主导,那么光照为强正面光;如果非以上两种情况,那么光照条件归类为普通光照条件.

如果判断得出光照条件为非普通光照,则图像的参考亮度需要加补偿值

$$C = Y_{\text{obj}} - Y_{\text{bgd}} \quad (7)$$

式中: Y_{obj} 为“主体区域”中占主导的亮度连续部分的平均亮度, Y_{bgd} 为图像中具有与主体相反亮度的部分的平均亮度.亮度补偿函数如图6所示.

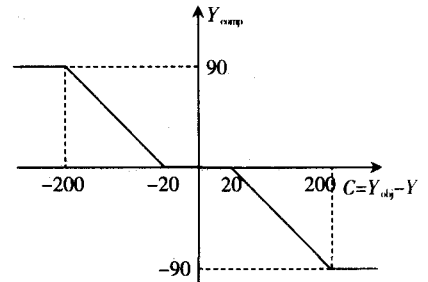


图6 亮度补偿函数

2 自动聚焦

自动聚焦技术分类^[10]如图7所示.

本文只讨论被动式自动聚焦技术中的半数字式方法.该方法由分析处理模块直接处理视频图像,以得到相应的聚焦评价函数值;控制驱动模块则根据得到的聚焦评价函数值驱动电机运动,带动镜头前后移动,直到获得聚焦清晰的图像.该方法包括:评价函数、搜索算法和聚焦窗口选择.

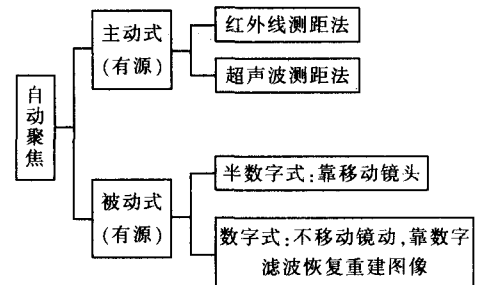


图7 自动聚焦调焦技术分类

2.1 评价函数

评价函数的输入是图像,输出是清晰度衡量值.理想的评价函数应该具有单峰性(仅一个极值)、无偏性(只在最佳聚焦时具有最大值),能反映离焦的极性(位于焦前还是焦后),同时还应该具备较好的抗干扰能力.常见的聚焦评价函数有以下8种^[11]:

1) 幅度法 (Amplitude), 定义为 $\frac{1}{n} \sum |I(x, y) - \bar{I}|$;

2) 方差法 (variance), 定义为 $\frac{1}{n} \sum (I(x, y) - \bar{I})^2$;

3) Sobel 算子法 (Tenengrad), 首先求 x 方向和 y 方向的差分, 然后计算 $S = i_x^2 + i_y^2$. 其中 x 方向上的差分由模板 $\frac{1}{4} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 进行运算, y 方向上的差分由模板 $\frac{1}{4} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$ 进行运算. 评价函数定义

为 $\frac{1}{n} \sum (S, \text{for } S > T)$, T 是一个阈值;

4) 拉普拉斯算子法 (Laplacian), 先求 $L = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 1 \\ 4 & -20 & 4 \\ 1 & 4 & 1 \end{bmatrix}$, 然后求评价函数值 $\frac{1}{n} \sum (L, \text{for } |L| > T)$;

5) 快速傅里叶法 (FFT), 首先将图像的灰度值按行排成 1 维序列, 然后进行一维快速傅里叶变换. 评价函数为 $\frac{1}{n} \sum |(real^2 + imaginary^2) \times \tan^{-1}(imaginary/real)|$, 此法速度较慢;

6) 相邻像素差分法 (SMD), 定义为 $\sum |I(x, y) - I(x, y - 1)| + \sum |I(x, y) - I(x + 1, y)|$;

7) 熵方法(Entropy), 定义为 $-\sum \{h(i) \ln(h(i)), \text{for } h(i) \neq 0\}$, 其中 $h(i)$ 为灰度级 i 的出现频率;

8) 直方图局部方差法(HLV), 定义为 $\frac{256 \times \sum \log(i+1) \times h(i) - 1\,167.26 \times \sum h(i)}{60\,354.1}$.

这8种评价函数关于焦距的归一化曲线图如图8所示^[12].

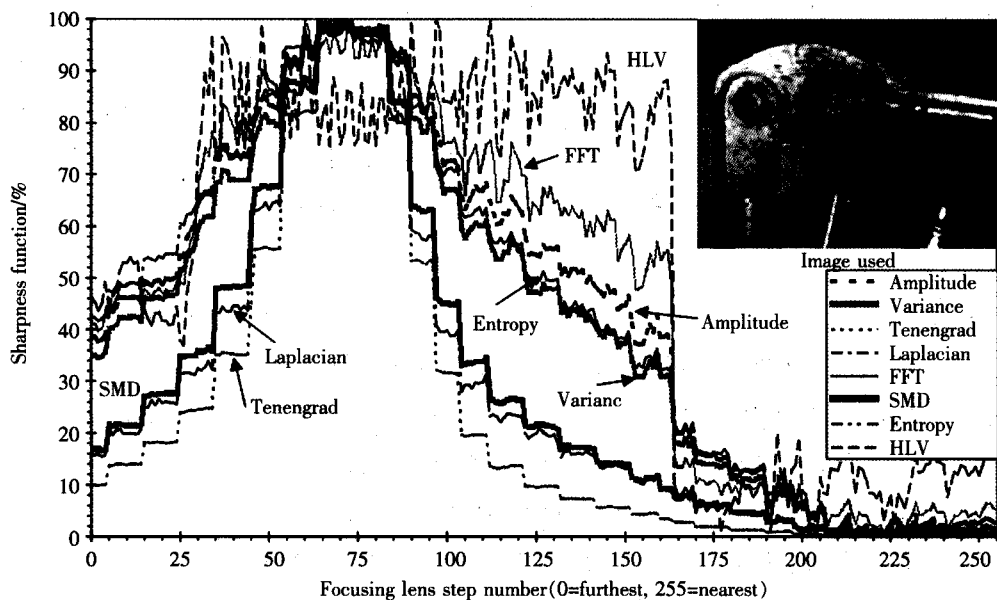


图8 评价函数关于焦距的归一化曲线图(红色通道)

文献[11]对蓝色和绿色通道进行了实验,其曲线图和红色通道的曲线图基本一致.文献[11]从曲线中分析 Tenengrad、Laplacian、SMD 和 Variance 方法对该图像的效果较好.文献[13]中的实验表明 Laplacian 方法高对比度交叉形(High Contrast Cross)和文字图像会失效,故文献[11]认为 Variance、Tenengrad 和 SMD 是比较好的评价函数,其中 Variance 方法的速度在这8种方法中 fastest.文献[11]还建议如果聚焦要求较高,可以采用 RGB 三分量分别求评价函数然后再融合到一个总的评价函数中.当然如果单独采用 R、G、B 或者灰度值,对于大多数应用也足够了.文献[11]的实验结果表明灰度值是效果最好的一个通道.

文献[14]提出可以在较大的聚焦窗口内,使用计算量小的绝对差值来完成粗扫评估;在相对较小的聚焦窗口内使用计算量较大而精度高的梯度值进行精扫评估.

2.2 搜索算法

有了评价函数值后,需要在评价函数上进行峰值搜索.

1) 全局搜索法进行全程搜索,记录下最大评价函数值对应的焦距,搜索完毕后,调焦到对应焦距.文献[15]中首先设置一个较大的步长,根据此步长一步一步移动成像屏位置,计算每个位置处图像的清晰度,直到走完整条路径;然后减小步长,并将搜索范围缩小到清晰度最大的那个点的前后两点间的范围,再次一步一步计算;这样循环往复,直到步长减小到设定值,最终得到的那一个位置就是聚焦位置.这种方法虽然可靠但效率较低.

2) Fibonacci 搜索法^[16]理论上是最优化单峰搜索算法^[13,17],应用于自动聚焦中的算法的基本思想^[18]是设置一个初始搜索区间,然后根据 Fibonacci 序列相关的一个公式取区间内的两点,根据这两点的评价函数值来缩小搜索区间.在实际的自动聚焦系统中,聚焦速度瓶颈往往是驱动电机的性能.由于 Fibonacci 搜索算法需要在区间内大距离调整镜头位置,并且要变换移动方向,这将会增加聚焦消耗时间.特别是在直流电机中,变换移动方向往往会累计位置误差,使聚焦不够精确.因此, Fibonacci 搜索算法在性能上往

往并非最佳^[19].

3) 爬山法取初始位置点 x_i , 移动镜头到 x_2 位置, 比较评价函数值, 如 $f(x_i) < f(x_2)$ 说明是“爬坡”, 移动方向正确, 反之说明爬山方向错误, 需要逆向移动; 继续爬山直至 $f(x_{n+1}) > f(x_{n+2})$ 时回溯. 爬山算法相当简单, 特别适用固定步长的情况. 在步进电机驱动聚焦平台上应用较广泛^[19]. 爬山法对评价函数的单峰性依赖性较高, 而评价函数值又不能完全满足单峰性, 故有一些改进方式.

4) 上述三种方法各有利弊, 于是就有了组扫描和精扫描结合法这种两步走的方法. 文献[14, 19]中采用粗扫和精扫相结合的方法, 先用自适应步长全局粗扫找到最大值, 然后在最大值周围的小范围内用小步长进行爬山扫描. 文献[20]用强边缘点的个数来作为判断依据用爬山法扫描, 当方向反转时从该点处开始依据评价函数值用爬山法进行精确扫描. 文中第一步统计的是较大范围的图像, 而第二步统计的是较小范围的图像.

2.3 聚焦窗口选择

使用聚焦评价函数对图像进行评判的运算时间基本上与参与计算的像素成正比. 为了减少评价函数运算时间, 通常要选择部分图像作为聚焦窗口. 另外, 整幅图像是由主要目标和背景构成的. 要求主要目标清晰, 对背景要求不是那么高. 如聚焦的过程中对构成整幅图像的像素不分主次地进行评价函数的统计计算, 背景像素的计算值将大大影响主要目标的计算值, 造成整幅图像的模糊; 或者, 背景部分的像素代表的信息掩盖了主要目标的像素所代表的信息, 聚焦的结果可能是背景清晰, 而主要目标模糊. 所以, 要保证想要的主要目标清晰, 只能选择主要目标部分的像素进行评价函数的统计计算^[14]. 聚焦窗口的常见选择方法有中心选择法和多窗口选择法.

2.3.1 中心选择法

该法建立在主体景物成像在图像中心的假设上, 它可以适应大部分场合需求, 对主体景物成像大小不具有自适应能力, 在主体景物偏离中心时性能更是严重下降^[19]. 该方法可以设定一大一小两个中心区域, 分别为粗扫描和精扫描所用^[20].

2.3.2 多窗口选择法

取多个窗口作为聚焦区域, 提高主体景物覆盖成功率, 它是以增加计算量和引入更多背景图像为代价的^[19]. 多窗口的选择常见的有中下窗口法和黄金分割点区域选择法两种.

中下窗口法和某些先进自动曝光方法中选择的窗口类似, 假设图像目标一般位于图像的中央和下部, 如图 9 中的 S4 和 S1 所组成的区域.

黄金分割点区域选择法选择图像中心及 4 个黄金分割点为聚焦区域的中心, 如图 10 所示. 评价函数由这 5 个聚焦中心周围的 5 个小区域的评价函数值加权求和得到, $E = 5E_0 + 4(E_A + E_B + E_C + E_D)$. 该法还可以和组扫精扫两过程结合使用^[14].

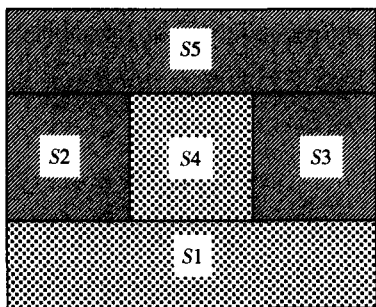


图 9 中下两窗口区域选择

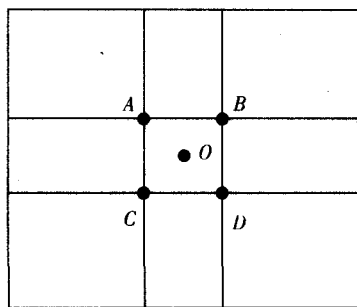


图 10 黄金分割点聚焦中心

聚焦窗口大小的选择目前似乎并没有太多依据,大多是凭经验.文献[14]的一帧图像大小为 384×288 ,其采用粗扫描和精扫描结合,粗扫描时的窗口大小为 120×80 ,精扫描时的窗口大小为 32×24 .

3 自动白平衡算法

3.1 自动白平衡算法概述

自动白平衡的主要算法可以分为基于单幅图像的简单像素级统计的方法、GAMUT-based 方法^[12,21-23]、基于多幅图像学习的方法^[24-26]几类.其中后两类方法在近几年研究较多,虽然其发展潜力较大,但是目前它们存在一个共同缺点:需要训练数据^[27].

摄像的场合多种多样,这就意味着如果采用后两种方法,训练数据集需要多种多样.即使应用在同一场合,由于光照等因素的变化,一个训练数据集训练得到的参数可能也不太适合.另一方面,这两种方法算法较复杂,运行速度没有第一种方法快.这样势必造成这两种算法在应用时的实时性和可靠性差.所以本文只讨论第一类目前可以应用的方法.第一类方法包括灰度世界法、最大 RGB 法、基于边缘的方法、迭代白平衡方法.

3.2 算法描述及分析

3.2.1 幅度灰度世界(GrayWorld)算法^[28]

Gray World 算法基于以下假设:一个给定场景中的平均颜色为灰色,即 RGB 三分量的均值应该基本相等.该算法为首先计算三通道的平均值,假设计算结果为 $R_{avg}, G_{avg}, B_{avg}$;然后计算红色通道和蓝色通道的增益 $\hat{\alpha} = \frac{G_{avg}}{R_{avg}}, \hat{\beta} = \frac{G_{avg}}{B_{avg}}$;最后修正后的图像的 RGB 为

$$R_{sensor}(x, y) = \hat{\alpha} R_{sensor}(x, y), \hat{G}_{sensor}(x, y) = G_{sensor}(x, y), \hat{B}_{sensor}(x, y) = \hat{\beta} B_{sensor}(x, y)$$

在实践中该方法通常非常有效且快速,但是当场景中某种颜色占据主导地位时就会失效,比如蓝天^[29].该算法也有一些改进算法,其中一种方法见文献[30].该方法在 $(R_{avg} - G_{avg}, B_{avg} - G_{avg})$ 平面上定义了一个区域,如果 $\{R_{avg}, G_{avg}, B_{avg}\}$ 落入该区域,则认为该场景无需做白平衡,否则需要做白平衡.

3.2.2 最大 RGB(White Patch、MaxRGB)算法^[31]

基于图像中的最亮点通常是由光滑表面反射光源的实际颜色产生的^[2],该算法是:首先计算 RGB 三通道的各自最大值,记为 $R_{max}, G_{max}, B_{max}$;然后计算红色通道和蓝色通道的增益 $\hat{\alpha} = \frac{G_{max}}{R_{max}}, \hat{\beta} = \frac{G_{max}}{B_{max}}$;最后修正后的图像的 RGB 为

$$R_{sensor}(x, y) = \hat{\alpha} R_{sensor}(x, y), \hat{G}_{sensor}(x, y) = G_{sensor}(x, y), \hat{B}_{sensor}(x, y) = \hat{\beta} B_{sensor}(x, y)$$

为了避免由噪声引起的误差,在执行求最大值之前,可以先对图像进行低通滤波等预处理^[32-33].图像的动态范围和预处理策略会极大影响该方法的性能^[34-35].

3.2.3 基于边缘的算法^[36]

这是一种基于微分图像统计特征的方法.其基本公式为

$$\left(\int \left| \frac{\partial^n f(x)}{\partial x^n} \right|^p dx \right)^{\frac{1}{p}} = k e^{n, p, \sigma} \quad (8)$$

该公式的右边表示某通道的光源照度.

计算方法:首先计算各个通道每个像素点在 σ 控制的邻域范围内的 n 阶微分的幅度值,接着求幅度值的 p 次方;然后将各个点的计算值相加,再求计算结果的 $(1/p)$ 次方.

用该方法可以计算出三个通道的光源强度,分别记为 Light_ R、Light_ G、Light_ B.增益计算方法为:

万方数据

$$\hat{\alpha} = \frac{\sqrt{\text{Light_}R^2 + \text{Light_}G^2 + \text{Light_}B^2}}{\text{Light_}R \times \sqrt{3}}$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sqrt{\text{Light_}R^2 + \text{Light_}G^2 + \text{Light_}B^2}}{\text{Light_}G \times \sqrt{3}}$$

$$\hat{\gamma} = \frac{\sqrt{\text{Light_}R^2 + \text{Light_}G^2 + \text{Light_}B^2}}{\text{Light_}B \times \sqrt{3}}$$

最后修正后的图像的 RGB 为

$$R_{\text{sensor}}(x, y) = \hat{\alpha} R_{\text{sensor}}(x, y), G_{\text{sensor}}(x, y) = \hat{\beta} G_{\text{sensor}}(x, y), B_{\text{sensor}}(x, y) = \hat{\gamma} B_{\text{sensor}}(x, y)$$

Edge-Based 算法可以统一 Gray World 和 White Patch (MaxRGB) 方法,其形式比较优美.但是对于 n 、 p 和 σ 并没有针对于白平衡的显著的物理意义.该方法的性能在特殊参数下效果很好,但是一旦参数选择不好,效果会很差^[27].笔者认为其致命的弱点是缺少参数选择的依据.

3.2.4 迭代白平衡算法

在迭代白平衡算法中,算法从图像中挑选那些接近灰色(RGB 三通道差别不大)的点来估计光源颜色.该算法是在图像的 YUV 彩色空间中进行的,其与 RGB 彩色空间的关系为

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{\text{sensor}} \\ G_{\text{sensor}} \\ B_{\text{sensor}} \end{bmatrix}$$

该算法的核心在于以什么样的约束条件来挑选用于计算的点.文献[37]的约束条件为 $Y > \xi$ AND $|U| < \rho$

AND $|V| < \tau$,文献[38]的约束条件为 $Y - |U| - |V| > \xi$, $\frac{|U| + |V|}{Y} > \eta$.文献[38]中的方法为:首先计算满足约束条件的所有像素点的 U 、 V 两个通道的平均值,记为 U_{avg} 、 V_{avg} ;然后按照图 11 判断条件修正 B 通道和 R 通道的增益 α 和 β ,其中 λ 为迭代步长.增益计算中

一次迭代针对一幅图像进行,每一次迭代后,输出新的通道增益,等到下一幅图像进行下一次迭代.

迭代法在保证迭代速度较快的基础上,其算法的效果比较稳定,实现较容易,是一种相对较好的自动白平衡算法.

4 结语

目前常用的基于图像分析的 3A 控制算法对于大部分应用能够达到较理想的效果.但是还存在着很多不足:

- 1) 在自动曝光控制中,背光和强正面光的情况,目前还没有比较智能的解决办法;
- 2) 在自动聚焦控制中,快速和准确两方面如何能同时达到还是一个不断追求的目标;
- 3) 在自动白平衡控制中,当图像中明显有一种色彩占主导地位时,还很难判断这是光源造成的还是成像主体本身造成的.

综上所述,基于图像分析的 3A 控制算法和大多数计算机视觉领域的问题一样还处于一个相对低级的阶段.机器学习可能是 3A 技术领域的突破口,但是如何提高速度和适用性是这一突破方向的关键.

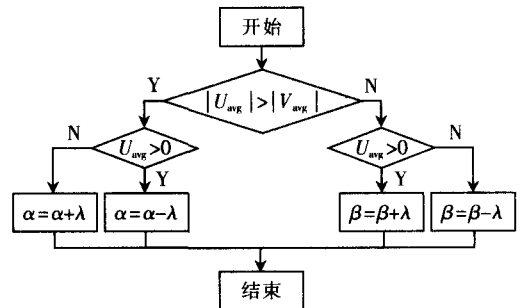


图 11 增益调整方法

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[D]. 上海:复旦大学, 2008; 18-27, 38-52.
- [2] WENG C, CHEN H, FU H C. A novel automatic white balance method for digital still cameras[C]// Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems, Kobe, Japan, 2005, 4: 3801-3804.
- [3] 金宝电子工业股份有限公司. 数位相机的自动曝光的方法: 中国, 03142549. 6[P].
- [4] VINCENT B. Exposure[EB/OL]. [2010-05-07]. http://www.dpreview.com/learn/?/Glossary/Exposure/Exposure_01.htm.
- [5] SHIMIZU S, KONDO T, KOHASHI T, et al. A new algorithm for exposure control based on fuzzy logic for video cameras[J]. IEEE Trans Consum Electron, 1992; 38: 617-623.
- [6] MURAKAMI M, HONDA N. An exposure control system of video cameras based on fuzzy logic using color information[C]// Proc of the 5th IEEE Int Conf on Fuzzy Systems, Los Angeles, 1996, 1-3: 2181-2187.
- [7] VUONG Q, YUN S, KIM S. A new auto exposure and auto white-balance algorithm to detect high dynamic range conditions using CMOS technology[C]// Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2008, San Francisco, USA, 2008.
- [8] LEE J S, JUNG Y Y, KIM B S, et al. An advanced video camera system with robust AF, AE, and AWB control[C]// IEEE Trans Consum Electron, 2001, 47: 694-699.
- [9] KAO W C, SU C C, KAO C C, et al. Adaptive exposure control and real-time image fusion for surveillance systems[C]// Proc of IEEE Int Symposium on Circuits and Systems, Kos, Greece, 2006, 1-11: 935-938.
- [10] 李逢磊. 基于FPGA的自动聚焦系统设计[D]. 山西:太原理工大学, 2008.
- [11] CHERN N, NEOW P A, MARCELO H. Practical issues in pixel-based autofocusing for machine vision[C]// Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2001.
- [12] FINLAYSON G, HORDLEY S, TASTL I. Gamut constrained illuminant estimation[J]. International Journal of Computer Vision, 2006, 67(1): 93-109.
- [13] KROTKOV E Paul. Active Computer Vision by Cooperative Focus and Stereo[M]. New York: Springer-Verlag, 1989.
- [14] 徐健峰. 基于手持式图像采集系统的自动聚焦研究[D]. 杭州:浙江大学, 2007; 30, 38, 39-40, 45-47.
- [15] 吴振锋, 左洪福. 光学显微镜自动聚焦算法的技术研究[J]. 光学仪器, 2000, 22(4): 9-12.
- [16] BEVERIDGE G S, SCHECHTER R S. Optimization: Theory and Practice[M]. New York: McGraw-Hill, 1970.
- [17] KIEFER J. Sequential minimax search for a maximum[C]// Proc Am Math Soc, 1953(4): 502-506.
- [18] 谢宝磊. 智能可控摄像机设计及关键算法研究[D]. 杭州:浙江大学, 2010; 30-32.
- [19] 严爱杰. 一体化摄像机控制系统的设计与实现[D]. 南京:南京理工大学, 2007; 26-29.
- [20] HE J, ZHOU R Z, HONG Z L. Modified fast climbing search auto-focus algorithm with adaptive step size searching technique for digital camera[J]. IEEE Trans on Consumer Electronics, 2003, 49(2): 257-262.
- [21] FORSYTH D. A novel algorithm for color constancy[J]. International Journal of Computer Vision, 1990, 5(1): 5-36.
- [22] FINLAYSON G. Color in perspective[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1996, 18(10): 1034-1038.
- [23] GJUSENIJ A, GEVERS T, van de WEIJER J. Generalized gamut mapping using image derivative structures for color constancy[J]. International Journal of Computer Vision, 2010, 86(1-2): 127-139.
- [24] FINLAYSON G, HORDLEY S, HUBEL P. Color by correlation: a simple, unifying framework for color constancy[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2001, 23(11): 1209-1221.
- [25] TSIN Y, COLLINS R, RAMESH V, KANADE T. Bayesian color constancy for outdoor object recognition[C]// IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001: 1132-1139.
- [26] GJUSENIJ A, GEVERS T. Color constancy using natural image statistics[C]// IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Minneapolis, Minnesota, USA, 2007: 1-8.
- [27] GJUSENIJ A, GEVERS T, VAN DE WEIJER J. Computational color constancy: Survey and experiments[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2011, 20(9): 2475-2489.
- [28] BUCHSBAUM G. A spacial processor model for object color perception[J]. J Franklin Inst, 1980, 310: 1-26.
- [29] LUKAC R. Single-sensor imaging: Methods and applications for digital cameras[M]. Boca Raton: CRC Press, 2008: 267-292.

- [30] KIM Y, LEE H S, MORALES A W. A video camera system with enhanced zoom tracking and auto white balance[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2002, 48(3): 428 - 434.
- [31] CARDEI V, FUNT B, BARNARD K. White point estimation for uncalibrated images[C]// Proc. IS&T/SID 7th Color Imaging Conf, 1999: 97 - 100.
- [32] GIJSENIJ A, GEVERS T. Color constancy by local averaging [C]// 2007 Computational Color Imaging Workshop (CCIW'07), in Conjunction with ICIAP'07, Modena, Italy, September, 2007: 1 - 4.
- [33] EBNER M. Color constancy based on local space average color[J]. Machine Vision and Applications, 2009, 20(5): 283 - 301.
- [34] FUNT B, SHI L. The rehabilitation of maxrgb[C]// IS&T/SID's Color Imaging Conference. IS&T - The Society for Imaging Science and Technology, 2010.
- [35] FUNT B, SHI L L. The effect of exposure on maxrgb color constancy[C]// Proc SPIE, vol. 7527 Human Vision and Electronic Imaging XV, 2010.
- [36] van de WEIJER J, GEVERS T, GIJSENIJ A. Edge-based color constancy[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2007, 16(9): 2207 - 2214.
- [37] NAKANO N, NISHIMURA R, SAI H, et al. Digital still camera system for megapixel CCD[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1998, 44(3): 460 - 466.
- [38] 周荣政,何捷,洪志良. 自适应的数码相机自动白平衡算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(3): 529 - 533.

作者: 林忠
作者单位: 南京工程学院计算机工程学院, 江苏南京211167 / 先进数控段技术江苏省高校重点实验室, 江苏南京210013
刊名: 南京工程学院学报: 自然科学版
英文刊名: Journal of Nanjing Institute of Technology :Natural Science Edition
年, 卷(期): 2011, 09(4)

参考文献(38条)

1. VUONG Q;YUN S;KIM S [A new auto exposure and auto white-balance algorithm to detect high dynamic range conditions using CMOS technology](#) 2008
2. MURAKAMI M;HONDA N [An exposure control system of video cameras based on fuzzy logic using color information](#) 1996
3. SHIMIZU S;KONDO T;KOHASHI T [A new algorithm for exposure control based on fuzzy logic for video cameras](#) 1992
4. VINCENT B [Exposure](#) 2010
5. TSIN Y;COLLINS R;RAMESH V;KANADE T [Bayesian color constancy for outdoor object recognition](#) 2001
6. FINLAYSON G;HORDLEY S;HUBEL P [Color by correlation:a simple,unifying framework for color constancy](#) 2001(11)
7. GIJSENIJ A;GEVERS T;van de WEIJER J [Generalized gamut mapping using image derivative structures for color constancy](#) 2010(1 - 2)
8. KAO W C;SU C C;KAO C C [Adaptive exposure control and real-time image fusion for surveillance systems](#) 2006
9. LEE J S;JUNG Y Y;KIM B S [An advanced video camera system with robust AF,AE,and AWB control](#) 2001
10. 周荣政;何捷;洪志良 [自适应的数码相机自动白平衡算法\[期刊论文\]-计算机辅助设计与图形学学报](#) 2005(03)
11. NAKANO N;NISHIMURA R;SAI H [Digital still camera system for megapixel CCD](#) 1998(03)
12. van de WEIJER J;GEVERS T;GIJSENIJ A [Edge-based color constancy\[外文期刊\]](#) 2007(09)
13. FUNT B;SHI L L [The effect of exposure on maxrgb color constancy](#) 2010
14. FUNT B;SHI L [The rehabilitation of maxrgb](#) 2010
15. EBNER M [Color constancy based on local space average color\[外文期刊\]](#) 2009(05)
16. GIJSENIJ A;GEVERS T [Color constancy by local averaging](#) 2007
17. CARDEI V;FUNT B;BARNARD K [White point estimation for uncalibrated images](#) 1999
18. KIM Y;LEE H S;MORALES A W [A video camera system with enhanced zoom tracking and auto white balance\[外文期刊\]](#) 2002(03)
19. 金宝电子工业股份有限公司 [数位相机的自动曝光的方法](#)
20. LUKAC R [Single-sensor imaging:Methods and applications for digital cameras](#) 2008
21. BUCHSBAUM G [A special processor model for object color perception](#) 1980
22. GIJSENIJ A;GEVERS T;VAN DE WEIJER J [Computational color constancy:Survey and experiments](#) 2011(09)
23. GIJSENIJ A;GEVERS T [Color constancy using natural image statistics](#) 2007
24. FINLAYSON G [Color in perspective\[外文期刊\]](#) 1996(10)
25. FORSYTH D [A novel algorithm for color constancy](#) 1990(01)
26. HE J;ZHOU R Z;HONG Z L [Modified fast climbing search auto-focus algorithm width adaptive step size searching technique for digital camera\[外文期刊\]](#) 2003(02)
27. WENG C;CHEN H;FU H C [A novel automatic white balance method for digital still cameras](#) 2005
28. 严爱杰 [一体化摄像机控制系统的设计与实现\[学位论文\]](#) 2007
29. 谢宝磊 [智能可控摄像机设计及关键算法研究](#) 2010
30. KIEFER J [Sequential minimax search for a maximum](#) 1953(04)

31. [BEVERIDGE G S;SCHECHTER R S Optimization:Theory and Practice](#) 1970
32. [吴振锋;左洪福 光学显微镜激励聚焦算法的技术研究](#)[期刊论文]-[光学仪器](#) 2000(04)
33. [徐健峰 基于手持式图像采集系统的自动聚焦研究](#) 2007
34. [KROTKOV E Paul Active Computer Vision by Cooperative Focus and Stereo](#) 1989
35. [FINLAYSON G;HORDLEY S;TASTL I Gamut constrained illuminant estimation](#)[外文期刊] 2006(01)
36. [CHERN N;NEOW P A;MARCELO H Practical issues in pixel-based autofocusing for machine vision](#) 2001
37. [李逢磊 基于FPGA的自动聚焦系统设计](#)[学位论文] 2008
38. [梁佳毅 高性能数码相机自动曝光算法研究与实现](#) 2008

本文读者也读过(10条)

1. [徐文, 苟巧云, 黄泽文, XU Wen, GOU Qiao-yun, HUANG Ze-wen 机器视觉中的一种简单的自动曝光算法](#)[期刊论文]-[机电工程技术](#) 2012, 41 (3)
2. [林旭晞 基于AE调整CMOS成像系统的研究与实现](#)[期刊论文]-[电脑知识与技术](#)2011, 07 (29)
3. [行长印, 毛亚杰, 杨立宏, XING Zhangying, MAO Yajie, YANG Lihong 基于图像熵的自动曝光设计](#)[期刊论文]-[长春理工大学学报 \(自然科学版\)](#) 2009, 32 (1)
4. [陈参宁, 邓华秋, 王剑华, CHEN Can-ning, DENG Hua-qiu, WANG Jian-hua 基于光圈控制的自动曝光算法研究](#)[期刊论文]-[传感器与微系统](#)2011, 30 (11)
5. [胡永富, 黄长宁, 张宏伟 CMOS图像传感器STAR1000研究与应用](#)[会议论文]-2010
6. [江建祥 EK200全自动单反相机软件实现技术研究](#)[学位论文]2006
7. [关文俊, 和亮 现代相机自动曝光的辅助功能](#)[期刊论文]-[哈尔滨师范大学自然科学学报](#)2001, 17 (1)
8. [沛然 \(翻译\) 得到精准的曝光](#)[期刊论文]-[影像视觉](#)2011 (9)
9. [钱勇, 白瑞林, 姚林昌, 何薇, Qian Yong, Bai Ruilin, Yao Linchang, He Wei 基于Bayer CFA自动白平衡算法的实现](#)[期刊论文]-[数据采集与处理](#)2012, 27 (3)
10. [傅和平, 赵志国 自动曝光的数学模型及其机构](#)[期刊论文]-[光电工程](#)2002, 29 (2)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_njgcxyxb-zrkxb201104002.aspx