



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105389796 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 09

(21) 申请号 201510669831. 2

(22) 申请日 2015. 10. 13

(71) 申请人 中国民用航空总局第二研究所

地址 610041 四川省成都市高新区高新技术
开发区二环路南二段 17 号

(72) 发明人 隋运峰 钟琦 李华琼 鄢丹青

张中仪 王雨果

(74) 专利代理机构 成都九鼎天元知识产权代理

有限公司 51214

代理人 徐静

(51) Int. Cl.

G06T 7/00(2006. 01)

权利要求书5页 说明书11页

(54) 发明名称

一种定焦、变焦镜头通光量强度不均校正方法
及装置

(57) 摘要

本发明涉及原始图像信号处理领域,尤其是涉及一种定焦、变焦镜头通光量强度不均校正方法及装置,其无需额外设备实现自动镜头亮度校正,尤其适合户外环境下使用的长焦镜头。本发明针对现有技术存在的问题,提出自动对通光量强度区域分布不均匀问题进行校正的方法及装置。本发明首先通过大量采集图像生成平均图像;然后对平均图像进行平滑曲面最小误差拟合;最后通过平滑曲面参数生成校正模板。在图像拍摄过程中,原始数据除以校正模板,再做归一化处理可以校正亮度不均匀问题。进一步的在两次自动校正方法运行完成后,可以手动设置镜头形变系数,快速校正定焦镜头通光量强度区域分布不均匀问题。

1. 一种定焦镜头通光量强度不均校正的方法,其特征在于包括:

步骤 1:采集大量图像生成平均图像 I_A ;

步骤 2:对平均图像进行平滑曲面最小误差拟合,计算平滑曲面参数 C ;

步骤 3:通过平滑曲面参数 c 生成校正模板 I_T ;

步骤 4:在计算出校正模板 I_T 后,每次拍照生成图像 I ,对 I 执行

$$I' = I / I_T$$

其中 $.$ 为点除运算,即让对应行数和列数的像素做除法;然后将 I' 像素数值的分布归一化处理至 0 到 255 区间,对图像亮度不均的像素 I_r 进行校正,

$$I_r = s_1 I' + s_2$$

$$\text{其中 } s_1 = \frac{255}{\max(I') - \min(I')}, s_2 = -s_1 \min(I').$$

2. 根据权利要求 1 所述的一种定焦镜头通光量强度不均校正的方法,其特征在于所述步骤 1 具体包括:

步骤 11:以视频或者连续快速拍照的方式采集图像,图像数据不做数据处理;同时保持相机转动使拍摄的照片不重复;在采集 100 到 1000 张图像后,将所有图像转化为灰度图像,然后计算平均图像 I_A ;

步骤 12:将 I_A 用 Sobel 边缘检测算子计算边缘强度,即分别使用 $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 和

$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ 对 I_A 做卷积运算,如果生成的结果中所有像素的值均小于 T_1 ,则完成平均图

像生成,否则执行步骤 13; T_1 为 20 到 50 之间;

步骤 13:再采集 100 到 500 张图像后,重新计算包含原有图像和新采集图像的所有图像的灰度转化平均图像 I_A ,然后重新执行步骤 12。

3. 根据权利要求 1 所述的一种定焦镜头通光量强度不均校正的方法,其特征在于所述步骤 2 具体包括:

步骤 21:对平均图像 I_A 的所有行列按照 5 到 100 等像素间隔进行亚采样,样本记为 $\{x_1, y_1, v_1; x_2, y_2, v_2; \dots; x_{N_1}, y_{N_1}, v_{N_1}\}$,其中 (x, y) 为像素坐标, v 为像素对应的像素灰度值,角标为采样点序号, N_1 为亚采样样本点个数;然后选择步骤 22 或者步骤 23 对亚采样的平均图像进行最小误差拟合,计算平滑曲面参数 C ;

步骤 22:根据二阶多项式曲面,构造矩阵 X 和 V ;

$$X = \begin{bmatrix} x_1^2 & x_1 y_1 & y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^2 & x_2 y_2 & y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N_1}^2 & x_{N_1} y_{N_1} & y_{N_1}^2 & x_{N_1} & y_{N_1} & 1 \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_{N_1} \end{bmatrix}$$

计算 $C = (X^T X)^{-1} X^T V$,其中矩阵左上角的 T 表示转置,左上角的 -1 表示求逆矩阵;

步骤 23 :根据加权二阶多项式曲面,构造矩阵 X 和 V

$$X = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1}x_1^2 & \sqrt{w_1}x_1y_1 & \sqrt{w_1}y_1^2 & \sqrt{w_1}x_1 & \sqrt{w_1}y_1 & \sqrt{w_1} \\ \sqrt{w_2}x_2^2 & \sqrt{w_2}x_2y_2 & \sqrt{w_2}y_2^2 & \sqrt{w_2}x_2 & \sqrt{w_2}y_2 & \sqrt{w_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sqrt{w_{N_1}}x_{N_1}^2 & \sqrt{w_{N_1}}x_{N_1}y_{N_1} & \sqrt{w_{N_1}}y_{N_1}^2 & \sqrt{w_{N_1}}x_{N_1} & \sqrt{w_{N_1}}y_{N_1} & \sqrt{w_{N_1}} \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1}v_1 \\ \sqrt{w_2}v_2 \\ \dots \\ \sqrt{w_{N_1}}v_{N_1} \end{bmatrix}$$

其中 w 是对每一个采样点设定的权重值,角标为采样点序号,一般图片中心样本的的权重值较大,图像边缘样本点的权重值偏小 ;计算 $C = (X^T X)^{-1} X^T V$,其中矩阵右上角的 T 表示转置,右上角的 -1 表示求逆矩阵。

4. 根据权利要求 1 所述的一种定焦镜头通光量强度不均校正的方法,其特征在于所述步骤 2 具体包括 :

步骤 21 :对平均图像 I_A 的所有行列按照 5 到 100 等像素间隔进行亚采样,样本记为 $\{x_1, y_1, v_1; x_2, y_2, v_2; \dots ; x_{N_1}, y_{N_1}, v_{N_1}\}$,其中 (x, y) 为像素坐标, v 为像素灰度值,角标为采样点序号, N_1 为亚采样样本点个数 ;然后选择步骤 22 或者步骤 23 对亚采样的平均图像进行最小误差拟合,计算计算平滑曲面参数 C ;

步骤 22 :根据二维高斯曲面,让 c_7 的取值从 0 到 I_A 中的最小值 $\min(I_A)$,对每一个取值构造 X 和 V

$$X = \begin{bmatrix} x_1^2 & x_1y_1 & y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^2 & x_2y_2 & y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N_1}^2 & x_{N_1}y_{N_1} & y_{N_1}^2 & x_{N_1} & y_{N_1} & 1 \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} \ln(v_1 - c_7) \\ \ln(v_2 - c_7) \\ \dots \\ \ln(v_{N_1} - c_7) \end{bmatrix}$$

计算 $C' = (X^T X)^{-1} X^T V$,其中矩阵右上角的 T 表示转置,右上角的 -1 表示求逆矩阵,然后计算 $err = (XC' - V)^T (XC' - V)$;在 c_7 的所有取值中选取 err 最小的一组 C' 和 c_7 共同构造 C,

$$C = \begin{bmatrix} C' \\ c_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \end{bmatrix};$$

步骤 23 :根据加权二维高斯曲面,让 c_7 的取值从 0 到 I_A 中的最小值 $\min(I_A)$,对每一个取值构造 X 和 V

$$X = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1}x_1^2 & \sqrt{w_1}x_1y_1 & \sqrt{w_1}y_1^2 & \sqrt{w_1}x_1 & \sqrt{w_1}y_1 & \sqrt{w_1} \\ \sqrt{w_2}x_2^2 & \sqrt{w_2}x_2y_2 & \sqrt{w_2}y_2^2 & \sqrt{w_2}x_2 & \sqrt{w_2}y_2 & \sqrt{w_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sqrt{w_{N_1}}x_{N_1}^2 & \sqrt{w_{N_1}}x_{N_1}y_{N_1} & \sqrt{w_{N_1}}y_{N_1}^2 & \sqrt{w_{N_1}}x_{N_1} & \sqrt{w_{N_1}}y_{N_1} & \sqrt{w_{N_1}} \end{bmatrix}$$

$$V = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} \ln(v_1 - c_7) \\ \sqrt{w_2} \ln(v_2 - c_7) \\ \dots \\ \sqrt{w_{N1}} \ln(v_{N1} - c_7) \end{bmatrix}$$

其中 w 是对每一个采样点设定的权重值,角标为采样点序号,一般图片中心样本的权重值较大,图像边缘样本点的权重值偏小;计算 $C' = (X^T X)^{-1} X^T V$,其中矩阵右上角的 T 表示转置,右上角的 -1 表示求逆矩阵,然后计算 $err = (XC' - V)^T (XC' - V)$;在 c_7 的所有取值中选取 err 最小的一组 C' 和 c_7 共同构造 C ;

$$C = \begin{bmatrix} C' \\ c_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \end{bmatrix}$$

5. 根据权利要求 1 所述的一种定焦镜头通光量强度不均校正的方法,其特征在于所述步骤 3 具体包括

步骤 31:在二阶多项式曲面及加权二阶多项式曲面时,对 I_T 中的每一个像素,令其行数为 x ,列数为 y ,则该像素的值 z 为: $z = c_1 x^2 + c_2 xy + c_3 y^2 + c_4 x + c_5 y + c_6$

步骤 32:在二维高斯曲面及加权二维高斯曲面时,对 I_T 中的每一个像素,令其行数为 x ,列数为 y ,则该像素的值 z 为: $z = \exp(c_1 x^2 + c_2 xy + c_3 y^2 + c_4 x + c_5 y + c_6) + c_7$ 。

6. 根据权利要求 3 或 4 所述的一种定焦镜头通光量强度不均校正的方法,其特征在于在执行 N_2 次所述步骤 1 和步骤 2 得到多组曲面参数之后,不再执行步骤 1 及步骤 2,在此基础上使用步骤 24 得到曲面参数,具体包括:

步骤 241:当得到曲面参数为 $C_j = \{c_{1_j}, c_{2_j}, c_{3_j}, c_{4_j}, c_{5_j}, c_{6_j}\}$ 的二阶多项式曲面参数或者加权二阶多项式曲面参数,则执行步骤 242;当得到参数为 $C_j = \{c_{1_j}, c_{2_j}, c_{3_j}, c_{4_j}, c_{5_j}, c_{6_j}, c_{7_j}\}$ 的二维高斯曲面参数或者加权二维高斯曲面参数,则执行步骤 245;其中 C_j 表示第 j 次自动校正操作结果, $1 \leq j \leq N_2$;

步骤 242:对所有的 $c_{1_j}, 1 \leq j \leq N_2$,提取最近两次自动校正算法结果 $c_{1_{N2-1}}$ 和 $c_{1_{N2}}$,令 $k_1 = c_{1_{N2}} - c_{1_{N2-1}}$,执行步骤 243;

步骤 243:对 $c_{2_j}, c_{3_j}, c_{4_j}, c_{5_j}, c_{6_j}$,重复步骤 242,计算 k_2, k_3, k_4, k_5, k_6 ,执行步骤 244;

步骤 244:设置镜头形变参数 G ,则新的二阶多项式曲面参数 $C_{new} = \{c_{1_{new}}, c_{2_{new}}, c_{3_{new}}, c_{4_{new}}, c_{5_{new}}, c_{6_{new}}\}$ 为

$$\begin{aligned} c_{1_{new}} &= c_{1_{N2}} + k_1 G \\ c_{2_{new}} &= c_{2_{N2}} + k_2 G \\ c_{3_{new}} &= c_{3_{N2}} + k_3 G \\ c_{4_{new}} &= c_{4_{N2}} + k_4 G \\ c_{5_{new}} &= c_{5_{N2}} + k_5 G \end{aligned}$$

$$c_{6_new} = c_{6_N2} + k_6 G;$$

其中 G 的范围是任意正数；

步骤 245: 对所有的 c_{1_j} , $1 \leq j \leq N_2$, 提取最近两次自动校正算法结果 $c_{1_N2_1}$ 和 c_{1_N2} , 令 $k_1 = c_{1_N2_1} - c_{1_N2}$, 执行步骤 246；

步骤 246: 对 c_{2_j} , c_{3_j} , c_{4_j} , c_{5_j} , c_{6_j} , c_{7_j} , 重复步骤 245, 计算 $k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7$, 执行步骤 247；

步骤 247: 设置镜头形变参数 G, 则新的二阶多项式曲面参数 $C_{new} = \{c_{1_new}, c_{2_new}, c_{3_new}, c_{4_new}, c_{5_new}, c_{6_new}, c_{7_new}\}$ 为

$$c_{1_new} = c_{1_N2} + k_1 G$$

$$c_{2_new} = c_{2_N2} + k_2 G$$

$$c_{3_new} = c_{3_N2} + k_3 G$$

$$c_{4_new} = c_{4_N2} + k_4 G$$

$$c_{5_new} = c_{5_N2} + k_5 G$$

$$c_{6_new} = c_{6_N2} + k_6 G$$

$$c_{7_new} = c_{7_N2} + k_7 G。$$

7. 根据权利要求 3、4 所述的一种定焦镜头通光量强度不均校正的方法, 其特征在于所述步骤 23 或者步骤 24 之后, 还包括步骤 25, 具体包括:

步骤 251: 二阶多项式曲面参数、加权二阶多项式曲面参数、二维高斯曲面参数或者加权二维高斯曲面参数中增加两个参数 $\{c_8, c_9\}$; 则二阶多项式曲面参数和加权二阶多项式曲面参数是 $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_8, c_9\}$ 8 个参数, 二维高斯曲面和加权二维高斯曲面参数是 $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9\}$ 9 个参数; 所述参数 $\{c_8, c_9\}$ 的计算过程为:

步骤 252: 令 c_8 取值从 5 到 $\min(W/2, H/2)$, W 和 H 分别为图像的宽度和高度, 二阶多项式曲面参数和二维高斯曲面参数中构造矩阵 Y 为:

$$Y = \begin{bmatrix} \frac{x_1^2 + y_1^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_1^2 - y_1^2}{2c_8^2}\right) \\ \frac{x_2^2 + y_2^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_2^2 - y_2^2}{2c_8^2}\right) \\ \dots \\ \frac{x_{N1}^2 + y_{N1}^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_{N1}^2 - y_{N1}^2}{2c_8^2}\right) \end{bmatrix};$$

加权二阶多项式曲面参数和加权二维高斯曲面参数中构造矩阵 Y 为:

$$Y = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} \frac{x_1^2 + y_1^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_1^2 - y_1^2}{2c_8^2}\right) \\ \sqrt{w_2} \frac{x_2^2 + y_2^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_2^2 - y_2^2}{2c_8^2}\right) \\ \dots \\ \sqrt{w_{N1}} \frac{x_{N1}^2 + y_{N1}^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_{N1}^2 - y_{N1}^2}{2c_8^2}\right) \end{bmatrix}$$

步骤 253 :令 c_9 为 $XC-V$ 与 Y 之间误差的平均值

$$c_9 = \text{mean}(XC-V-Y)$$

步骤 254 :计算误差 err , 二阶多项式曲面及加权二阶多项式曲面为 :

$$\text{err} = (XC-Y-V-c_9)^T(XC-Y-V-c_9)$$

二维高斯曲面及加权二维高斯曲面为

$$\text{err} = (XC-V')^T(XC-V')$$

$$V' = \ln(\exp(V)-Y-c_9)$$

在 c_8 的所有取值中选取误差 err 最小的一组 $\{c_8, c_9\}$ 。

8. 一种变焦镜头通光量强度不均校正方法校正方法, 其特征在于包括 :

步骤 121 :在焦距 F 范围内从最小到最大每隔一定间距取一个焦距样本点, 间距设定在 20mm 到 200mm 之间 ;

步骤 122 :在每个焦距样本点上执行所述步骤 1 到步骤 2 的定焦镜头自动校正方法, 并分别记录平滑曲面参数 ;

步骤 123 :对焦距值 $F = f_b$, 且 f_b 不是焦距样本点, 取不超过 f_b 的最大焦距样本点 f_a , 该样本点测得平滑曲面参数记为 C_a ; 不小于 f_b 的最小焦距样本点 f_c , 该样本点测得平滑曲面参数记为 C_c ; 则在 $F = f_b$ 焦距值的平滑曲面参数为 :

$$C = \frac{f_c - f_b}{f_c - f_a} C_a + \frac{f_b - f_a}{f_c - f_a} C_c;$$

步骤 124 :步骤通过平滑曲面参数 c 生成校正模板 I_T ;

步骤 :125 :在计算出校正模板 I_T 后, 每次拍照生成图像 I , 对 I 执行

$$I' = I / I_T$$

其中 $/$ 为点除运算, 即让对应行数和列数的像素做除法 ; 然后将 I' 像素数值的分布归一化处理至 0 到 255 区间, 对图像亮度不均的像素 I_R 进行校正,

$$I_R = s_1 I' + s_2$$

$$\text{其中 } s_1 = \frac{255}{\max(I') - \min(I')}, s_2 = -s_1 \min(I').$$

9. 一种定焦镜头通光量强度不均校正的装置, 其特征在于包括 :

平均图像生成装置, 用于采集大量图像, 并生成平均图像 I_A ;

平滑误差曲面参数计算装置, 用于对平均图像 I_A 进行平滑曲面最小误差拟合, 计算平滑曲面参数 C ;

校正模板装置, 用于通过平滑曲面参数 c , 生成校正模板 I_T ;

图像像素校正装置, 用于在计算出校正模板 I_T 后, 每次拍照生成图像 I , 对 I 执行

$$I' = I / I_T$$

其中 $/$ 为点除运算, 即让对应行数和列数的像素做除法 ; 然后将 I' 像素数值的分布归一化处理至 0 到 255 区间, 对图像亮度不均的像素 I_R 进行校正,

$$I_R = s_1 I' + s_2$$

$$\text{其中 } s_1 = \frac{255}{\max(I') - \min(I')}, s_2 = -s_1 \min(I').$$

一种定焦、变焦镜头通光量强度不均校正方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及原始图像信号处理领域,尤其是涉及一种定焦、变焦镜头通光量强度不均校正方法及装置。

背景技术

[0002] 镜头,尤其是长焦镜头,由于其光学物理特性和镜片组的设计局限可能会出现成像中间区域亮边缘区域暗的亮度不均匀问题。特别是在户外环境下使用的长焦镜头,无法保证在理想环境下工作。受温度影响镜头热胀冷缩,通光量强度不均匀的程度也会随之变化。

[0003] 现有一些技术在相机出厂前对镜头进行校正,并将校正数据存储在相机中。但是这要求相机与镜头固定配对。一旦配对关系改变,相机记录的校正数据将不再适用新镜头,需要专业的设备和方法对镜头进行重新校正。除此以外,即便镜头在出厂前进行过亮度不均匀校正,也难以保证镜头在所有工作环境下(尤其是温差大的环境下)不会出现亮度不均匀的问题。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是:针对定焦镜头自身缺陷或者由于镜头形变引起的成像亮度不均匀问题,本发明提出一种自动对通光量强度区域分布不均匀问题进行校正的方法及装置。其能适应定焦镜头,进一步的在两次自动校正方法运行完成后,可以手动设置镜头形变系数G,快速校正定焦镜头通光量强度区域分布不均匀问题,进一步的,通过选取焦距样本点计算变焦镜头的平滑曲面参数从而到达变焦镜头通光量强度分布不均匀问题进行校正。

[0005] 本发明采用的技术方案如下:

[0006] 一种定焦镜头通光量强度不均校正的方法,其特征在于包括:

[0007] 步骤1:采集大量图像生成平均图像 I_A ;

[0008] 步骤2:对平均图像进行平滑曲面最小误差拟合,计算平滑曲面参数C;

[0009] 步骤3:通过平滑曲面参数c生成校正模板 I_T ;

[0010] 步骤4:在计算出校正模板 I_T 后,每次拍照生成图像I,对I执行

[0011] $I' = I / I_T$

[0012] 其中./为点除运算,即让对应行数和列数的像素做除法;然后将 I' 像素数值的分布归一化处理至0到255区间,对图像亮度不均的像素进行校正。

[0013] $I_R = s_1 I' + s_2$

[0014] 其中 $s_1 = \frac{255}{\max(I') - \min(I')}$, $s_2 = -s_1 \min(I')$ 。

[0015] 进一步的,所述步骤1具体包括:

[0016] 步骤11:以视频或者连续快速拍照的方式采集图像,图像数据应尽量保持原始

性,不做数据处理;同时保持相机转动使拍摄的照片不重复;在采集 100 到 1000 张图像后,将所有图像转化为灰度图像,然后计算平均图像 I_A ;

[0017] 步骤 12:将 I_A 用 Sobel 边缘检测算子计算边缘强度,即分别使用 $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 和

$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ 对 I_A 做卷积运算,如果生成的结果中所有像素的值均小于 T_1 ,则完成平均图

像生成,否则执行步骤 13; T_1 为 20 到 50 之间;

[0018] 步骤 13:再采集 100 到 500 张图像后,重新计算包含原有图像和新采集图像的所有图像的灰度转化平均图像 I_A ,然后重新执行步骤 12。

[0019] 进一步的,所述步骤 2 具体包括:

[0020] 步骤 21:对平均图像 I_A 的所有行列按照 5 到 100 等像素间隔进行亚采样,样本记为 $\{x_1, y_1, v_1; x_2, y_2, v_2; \dots; x_{N_1}, y_{N_1}, v_{N_1}\}$,其中 (x, y) 为像素坐标, v 为像素对应的像素灰度值,角标为采样点序号, N_1 为亚采样样本点个数;然后选择步骤 22 或者步骤 23 对亚采样的平均图像进行最小误差拟合,计算计算平滑曲面参数 C ;

[0021] 步骤 22:根据二阶多项式,构造矩阵 X 和 V ;

[0022]

$$X = \begin{bmatrix} x_1^2 & x_1 y_1 & y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^2 & x_2 y_2 & y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N_1}^2 & x_{N_1} y_{N_1} & y_{N_1}^2 & x_{N_1} & y_{N_1} & 1 \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_{N_1} \end{bmatrix}$$

[0023] 计算 $C = (X^T X)^{-1} X^T V$,其中矩阵右上角的 T 表示转置,右上角的 -1 表示求逆矩阵;

[0024] 步骤 23:根据加权二阶多项式,构造矩阵 X 和 V

[0025]

$$X = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} x_1^2 & \sqrt{w_1} x_1 y_1 & \sqrt{w_1} y_1^2 & \sqrt{w_1} x_1 & \sqrt{w_1} y_1 & \sqrt{w_1} \\ \sqrt{w_2} x_2^2 & \sqrt{w_2} x_2 y_2 & \sqrt{w_2} y_2^2 & \sqrt{w_2} x_2 & \sqrt{w_2} y_2 & \sqrt{w_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sqrt{w_{N_1}} x_{N_1}^2 & \sqrt{w_{N_1}} x_{N_1} y_{N_1} & \sqrt{w_{N_1}} y_{N_1}^2 & \sqrt{w_{N_1}} x_{N_1} & \sqrt{w_{N_1}} y_{N_1} & \sqrt{w_{N_1}} \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} v_1 \\ \sqrt{w_2} v_2 \\ \dots \\ \sqrt{w_{N_1}} v_{N_1} \end{bmatrix}$$

[0026] 其中 w 是对每一个采样点设定的权重值,角标为采样点序号,一般图片中心样本的权重值较大,图像边缘样本点的权重值偏小;计算 $C = (X^T X)^{-1} X^T V$,其中矩阵右上角的 T 表示转置,右上角的 -1 表示求逆矩阵;

[0027] 进一步的,所述步骤 2 具体包括:

[0028] 步骤 21:对平均图像 I_A 的所有行列按照 5 到 100 等像素间隔进行亚采样,样本记为 $\{x_1, y_1, v_1; x_2, y_2, v_2; \dots; x_{N_1}, y_{N_1}, v_{N_1}\}$,其中 (x, y) 为像素坐标, v 为像素灰度值,角标为采样点序号, N_1 为亚采样样本点个数;然后选择步骤 22 或者步骤 23 对亚采样的平均图像进行最小误差拟合,计算计算平滑曲面参数 C ;

[0029] 步骤 22 :根据二维高斯,让 c_7 的取值从 0 到 I_A 中的最小值 $\min(I_A)$,对每一个取值构造 X 和 V

[0030]

$$X = \begin{bmatrix} x_1^2 & x_1 y_1 & y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^2 & x_2 y_2 & y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{NI}^2 & x_{NI} y_{NI} & y_{NI}^2 & x_{NI} & y_{NI} & 1 \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} \ln(v_1 - c_7) \\ \ln(v_2 - c_7) \\ \dots \\ \ln(v_{NI} - c_7) \end{bmatrix}$$

[0031] 计算 $C' = (X^T X)^{-1} X^T V$,其中矩阵右上角的 T 表示转置,右上角的 -1 表示求逆矩阵,然后计算 $\text{err} = (XC' - V)^T (XC' - V)$;在 c_7 的所有取值中选取 err 最小的一组 C' 和 c_7 共同构造 C,

[0032]

$$C = \begin{bmatrix} C' \\ c_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \end{bmatrix};$$

[0033] 步骤 23 :根据加权二维高斯,让 c_7 的取值从 0 到 I_A 中的最小值 $\min(I_A)$,对每一个取值构造 X 和 V

[0034]

$$X = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} x_1^2 & \sqrt{w_1} x_1 y_1 & \sqrt{w_1} y_1^2 & \sqrt{w_1} x_1 & \sqrt{w_1} y_1 & \sqrt{w_1} \\ \sqrt{w_2} x_2^2 & \sqrt{w_2} x_2 y_2 & \sqrt{w_2} y_2^2 & \sqrt{w_2} x_2 & \sqrt{w_2} y_2 & \sqrt{w_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sqrt{w_{NI}} x_{NI}^2 & \sqrt{w_{NI}} x_{NI} y_{NI} & \sqrt{w_{NI}} y_{NI}^2 & \sqrt{w_{NI}} x_{NI} & \sqrt{w_{NI}} y_{NI} & \sqrt{w_{NI}} \end{bmatrix}$$

[0035]

$$V = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} \ln(v_1 - c_7) \\ \sqrt{w_2} \ln(v_2 - c_7) \\ \dots \\ \sqrt{w_{NI}} \ln(v_{NI} - c_7) \end{bmatrix}$$

[0036] 其中 w 是对每一个采样点设定的权重值,角标为采样点序号,一般图片中心样本的权重值较大,图像边缘样本点的权重值偏小;计算 $C' = (X^T X)^{-1} X^T V$,其中矩阵右上角的 T 表示转置,右上角的 -1 表示求逆矩阵,然后计算 $\text{err} = (XC' - V)^T (XC' - V)$;在 c_7 的所有取值中选取 err 最小的一组 C' 和 c_7 共同构造 C;

[0037]

$$C = \begin{bmatrix} C^* \\ c_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \end{bmatrix}$$

[0038] 进一步的,所述步骤 3 具体包括

[0039] 步骤 31 :在二阶多项式曲面及加权二阶多项式曲面时,对 I_T 中的每一个像素,令其行数为 x ,列数为 y ,则该像素的值 z 为: $z = c_1x^2+c_2xy+c_3y^2+c_4x+c_5y+c_6$

[0040] 步骤 32 :在二维高斯曲面及加权二维高斯曲面时,对 I_T 中的每一个像素,令其行数为 x ,列数为 y ,则该像素的值 z 为: $z = \exp(c_1x^2+c_2xy+c_3y^2+c_4x+c_5y+c_6)+c_7$ 。

[0041] 进一步的,在执行 N_2 次所述步骤 1 和步骤 2 得到多组曲面参数之后,不再执行步骤 1 及步骤 2,在此基础上使用步骤 24 能够快速得到近似的曲面参数适应镜头形变,具体包括:

[0042] 步骤 241 :当得到曲面参数为 $C_j = \{c_{1_j}, c_{2_j}, c_{3_j}, c_{4_j}, c_{5_j}, c_{6_j}\}$ 的二阶多项式曲面参数或者加权二阶多项式曲面参数,则执行步骤 242 ;当得到参数为 $C_j = \{c_{1_j}, c_{2_j}, c_{3_j}, c_{4_j}, c_{5_j}, c_{6_j}, c_{7_j}\}$ 的二维高斯曲面参数或者加权二维高斯曲面参数,则执行步骤 245 ;其中 C_j 表示第 j 次自动校正操作结果, $1 \leq j \leq N_2$;

[0043] 步骤 242 :对所有的 c_{1_j} , $1 \leq j \leq N_2$,提取最近两次自动校正算法结果 $c_{1_{N_2-1}}$ 和 $c_{1_{N_2}}$,令 $k_1 = c_{1_{N_2}} - c_{1_{N_2-1}}$,执行步骤 243 ;

[0044] 步骤 243 :对 $c_{2_j}, c_{3_j}, c_{4_j}, c_{5_j}, c_{6_j}$,重复步骤 242,计算 k_2, k_3, k_4, k_5, k_6 ,执行步骤 244 ;

[0045] 步骤 244 :设置镜头形变参数 G ,则新的二阶多项式曲面参数 $C_{new} = \{c_{1_{new}}, c_{2_{new}}, c_{3_{new}}, c_{4_{new}}, c_{5_{new}}, c_{6_{new}}\}$ 为

[0046] $c_{1_{new}} = c_{1_{N_2}} + k_1G$

[0047] $c_{2_{new}} = c_{2_{N_2}} + k_2G$

[0048] $c_{3_{new}} = c_{3_{N_2}} + k_3G$

[0049] $c_{4_{new}} = c_{4_{N_2}} + k_4G$

[0050] $c_{5_{new}} = c_{5_{N_2}} + k_5G$

[0051] $c_{6_{new}} = c_{6_{N_2}} + k_6G$;

[0052] 其中 G 的范围是任意正数 ;

[0053] 步骤 245 :对所有的 c_{1_j} , $1 \leq j \leq N_2$,提取最近两次自动校正算法结果 $c_{1_{N_2-1}}$ 和 $c_{1_{N_2}}$,令 $k_1 = c_{1_{N_2}} - c_{1_{N_2-1}}$,执行步骤 246 ;

[0054] 步骤 246 :对 $c_{2_j}, c_{3_j}, c_{4_j}, c_{5_j}, c_{6_j}, c_{7_j}$,重复步骤 245,计算 $k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, k_7$,执行步骤 247 ;

[0055] 步骤 247 :设置镜头形变参数 G ,则新的二阶多项式曲面参数 $C_{new} = \{c_{1_{new}}, c_{2_{new}}, c_{3_{new}}, c_{4_{new}}, c_{5_{new}}, c_{6_{new}}, c_{7_{new}}\}$ 为

$$[0056] \quad c_{1_new} = c_{1_N2} + k_1 G$$

$$[0057] \quad c_{2_new} = c_{2_N2} + k_2 G$$

$$[0058] \quad c_{3_new} = c_{3_N2} + k_3 G$$

$$[0059] \quad c_{4_new} = c_{4_N2} + k_4 G$$

$$[0060] \quad c_{5_new} = c_{5_N2} + k_5 G$$

$$[0061] \quad c_{6_new} = c_{6_N2} + k_6 G$$

$$[0062] \quad c_{7_new} = c_{7_N2} + k_7 G。$$

[0063] 进一步的,所述步骤 23 或者步骤 24 之后,还可以使用步骤 25 进一步提高平滑曲面拟合精度,具体包括:

[0064] 步骤 251:二阶多项式曲面参数、加权二阶多项式曲面参数、二维高斯曲面参数或者加权二维高斯曲面参数中增加两个参数 $\{c_8, c_9\}$;则二阶多项式曲面参数和加权二阶多项式曲面参数是 $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_8, c_9\}$ 8 个参数,二维高斯曲面和加权二维高斯曲面参数是 $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9\}$ 9 个参数;所述参数 $\{c_8, c_9\}$ 的计算过程为:

[0065] 步骤 252:令 c_8 取值从 5 到 $\min(W/2, H/2)$, W 和 H 分别为图像的宽度和高度,二阶多项式曲面参数和二维高斯曲面参数中构造矩阵 Y 为:

[0066]

$$Y = \begin{bmatrix} \frac{x_1^2 + y_1^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_1^2 - y_1^2}{2c_8^2}\right) \\ \frac{x_2^2 + y_2^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_2^2 - y_2^2}{2c_8^2}\right) \\ \dots \\ \frac{x_{N1}^2 + y_{N1}^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_{N1}^2 - y_{N1}^2}{2c_8^2}\right) \end{bmatrix};$$

[0067] 加权二阶多项式曲面参数和加权二维高斯曲面参数中构造矩阵 Y 为:

[0068]

$$Y = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} \frac{x_1^2 + y_1^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_1^2 - y_1^2}{2c_8^2}\right) \\ \sqrt{w_2} \frac{x_2^2 + y_2^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_2^2 - y_2^2}{2c_8^2}\right) \\ \dots \\ \sqrt{w_{N1}} \frac{x_{N1}^2 + y_{N1}^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_{N1}^2 - y_{N1}^2}{2c_8^2}\right) \end{bmatrix}$$

[0069] 步骤 253:令 c_9 为 $XC-V$ 与 Y 之间误差的平均值

$$[0070] \quad c_9 = \text{mean}(XC-V-Y)$$

[0071] 步骤 254:计算误差 err ,二阶多项式曲面及加权二阶多项式曲面为:

$$[0072] \quad \text{err} = (XC-Y-V-c_9)^T (XC-Y-V-c_9)$$

[0073] 二维高斯曲面及加权二维高斯曲面为

$$[0074] \quad \text{err} = (XC-V')^T (XC-V')$$

[0075] $V' = \ln(\exp(V) - Y - c_g)$

[0076] 在 c_g 的所有取值中选取误差 err 最小的一组 $\{c_g, c_g\}$ 。

[0077] 一种变焦镜头通光量强度不均校正方法校正方法,在多次应用所述定焦镜头校正方法基础上,组合校正结构实现变焦镜头全焦距段的校正,具体包括:

[0078] 步骤 121:在焦距 F 范围内从最小到最大每隔一定间距取一个焦距样本点,间距设定在 20mm 到 200mm 之间;

[0079] 步骤 122:在每个焦距样本点上执行所述步骤 1 到步骤 2 的定焦镜头自动校正方法,并分别记录平滑曲面参数;

[0080] 步骤 123:对焦距值 $F = f_b$,且 f_b 不是焦距样本点,取不超过 f_b 的最大焦距样本点 f_a ,该样本点测得平滑曲面参数记为 C_a ;不小于 f_b 的最小焦距样本点 f_c ,该样本点测得平滑曲面参数记为 C_c ;则在 $F = f_b$ 焦距值的平滑曲面参数为:

[0081]

$$C = \frac{f_c - f_b}{f_c - f_a} C_a + \frac{f_b - f_a}{f_c - f_a} C_c;$$

[0082] 步骤 124:步骤通过平滑曲面参数 c 生成校正模板 I_T ;

[0083] 步骤:125:在计算出校正模板 I_T 后,每次拍照生成图像 I ,对 I 执行

[0084] $I' = I / I_T$

[0085] 其中 $/$ 为点除运算,即让对应行数和列数的像素做除法;然后将 I' 像素数值的分布归一化处理至 0 到 255 区间,对图像亮度不均的像素 I_R 进行校正,

[0086] $I_R = s_1 I' + s_2$

[0087] 其中 $s_1 = \frac{255}{\max(I') - \min(I')}$, $s_2 = -s_1 \min(I')$ 。

[0088] 一种定焦镜头通光量强度不均校正的装置包括:

[0089] 平均图像生成装置,用于采集大量图像,并生成平均图像 I_A ;

[0090] 平滑误差曲面参数计算装置,用于对平均图像 I_A 进行平滑曲面最小误差拟合,计算平滑曲面参数 C ;

[0091] 校正模板装置,用于通过平滑曲面参数 c ,生成校正模板 I_T ;

[0092] 图像像素校正装置,用于在计算出校正模板 I_T 后,每次拍照生成图像 I ,对 I 执行

[0093] $I' = I / I_T$

[0094] 其中 $/$ 为点除运算,即让对应行数和列数的像素做除法;然后将 I' 像素数值的分布归一化处理至 0 到 255 区间,对图像亮度不均的像素进行校正。

[0095] $I_R = s_1 I' + s_2$

[0096] 其中 $s_1 = \frac{255}{\max(I') - \min(I')}$, $s_2 = -s_1 \min(I')$ 。

[0097] 综上所述,由于采用了上述技术方案,本发明的有益效果是:

[0098] 1、提出了一种解决因镜头形变导致生成图像亮度不均匀问题的方法,可以无需额外设备实现自动镜头亮度校正;

[0099] 2、该方法通过计算样本点的焦距值作为阈值得到样本点的平滑曲面参数

$$C_b = \frac{f_c - f_b}{f_c - f_a} C_a + \frac{f_b - f_a}{f_c - f_a} C_c \text{ 使得变焦镜头也可调整。}$$

[0100] 3、在完成两次自动校正后,可是手动设置镜头形变参数,快速得到校正参数,尤其适合户外环境下使用的长焦镜头。

具体实施方式

[0101] 本说明书中公开的所有特征,或公开的所有方法或过程中的步骤,除了互相排斥的特征和/或步骤以外,均可以以任何方式组合。

[0102] 本说明书(包括任何附加权利要求、摘要)中公开的任一特征,除非特别叙述,均可被其他等效或具有类似目的的替代特征加以替换。即,除非特别叙述,每个特征只是一系列等效或类似特征中的一个例子而已。

[0103] 本专利相关说明:

[0104] 1、F 镜头焦距

[0105] 2、G 镜头形变系数

[0106] 3、C 平滑曲面参数组(二阶多项式曲面是 $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6\}$ 6 个参数,二维高斯曲面是 $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7\}$ 7 个参数)

[0107] 4、I 单次拍摄图像, I_A 平均图像, I_T 校正模板, I_R 亮度不均校正修复后图像具体方式:

[0108] 一、定焦镜头自动校正方法:

[0109] 步骤 1:采集大量图像生成平均图像 I_A ;

[0110] 步骤 2:对平均图像进行平滑曲面最小误差拟合,计算平滑曲面参数 C;

[0111] 步骤 3:通过平滑曲面参数生成校正模板 I_T 。

[0112] 步骤 4:在计算出校正模板后 I_T ,每次拍照生成图像 I,对 I 执行

$$[0113] \quad I' = I / I_T$$

[0114] 其中 ./ 为点除运算,即让对应行数和列数的像素做除法;然后将 I' 素数值的分布归一化处理至 0 到 255 区间

$$[0115] \quad I_R = s_1 I' + s_2$$

[0116] 其中 $s_1 = \frac{255}{\max(I') - \min(I')}$, $s_2 = -s_1 \min(I')$, 可以实现对图像亮度不均问题的快速校正。

[0117] 进一步的,步骤 1 具体为:

[0118] 步骤 1.1:以视频或者连续快速拍照的方式采集图像,图像数据应尽量保持原始性,不做数据处理;同时保持相机转动使拍摄的照片不重复;在采集 100 到 1000 张图像后,将所有图像转化为灰度图像,然后计算平均图像 I_A ;

[0119] 步骤 1.2:将 I_A 用 Sobel 边缘检测算子计算边缘强度,即分别使用 $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 和

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$
 对 I_A 做卷积运算, 如果生成的结果中所有像素的值均小于 T_1 , 则完成平均图

像生成, 否则执行步骤 1.3; T_1 的取值一般在 20 到 50 之间;

[0120] 步骤 1.3: 再采集 100 到 500 张图像后, 重新计算所有图像的灰度转化平均图像 I_A , 然后重新执行步骤 1.2。

[0121] 进一步的, 步骤 2 具体为:

[0122] 步骤 2.1: 对平均图像 I_A 的所有行列按照 5 到 100 等像素间隔进行亚采样, 样本记为 $\{x_1, y_1, v_1; x_2, y_2, v_2; \dots; x_{N_1}, y_{N_1}, v_{N_1}\}$, 其中 (x, y) 为像素坐标, v 为像素灰度值, 角标为采样点序号, N_1 为亚采样样本点个数; 然后选择 2.2、2.3、2.4、或者 2.5 中的一个对亚采样的平均图像进行最小误差拟合, 计算计算平滑曲面参数 C ;

[0123] 步骤 2.2 (二阶多项式曲面): 构造矩阵 X 和 V

[0124]

$$X = \begin{bmatrix} x_1^2 & x_1 y_1 & y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^2 & x_2 y_2 & y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N_1}^2 & x_{N_1} y_{N_1} & y_{N_1}^2 & x_{N_1} & y_{N_1} & 1 \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_{N_1} \end{bmatrix}$$

[0125] 计算 $C = (X^T X)^{-1} X^T V$, 其中矩阵右上角的 T 表示转置, 右上角的 -1 表示求逆矩阵。

[0126] 步骤 2.3 (二维高斯曲面): 让 c_7 的取值从 0 到 I_A 中的最小值 $\min(I_A)$, 对每一个取值构造 X 和 V

[0127]

$$X = \begin{bmatrix} x_1^2 & x_1 y_1 & y_1^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_2^2 & x_2 y_2 & y_2^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N_1}^2 & x_{N_1} y_{N_1} & y_{N_1}^2 & x_{N_1} & y_{N_1} & 1 \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} \ln(v_1 - c_7) \\ \ln(v_2 - c_7) \\ \dots \\ \ln(v_{N_1} - c_7) \end{bmatrix}$$

[0128] 计算 $C' = (X^T X)^{-1} X^T V$, 其中矩阵右上角的 T 表示转置, 右上角的 -1 表示求逆矩阵, 然后计算 $\text{err} = (X C' - V)^T (X C' - V)$; 在 c_7 的所有取值中选取 err 最小的一组 C' 和 c_7 共同构造 C

[0129]

$$C = \begin{bmatrix} C' \\ c_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \end{bmatrix}$$

[0130] 步骤 2.4 (加权二阶多项式曲面): 构造矩阵 X 和 V

[0131]

$$X = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1}x_1^2 & \sqrt{w_1}x_1y_1 & \sqrt{w_1}y_1^2 & \sqrt{w_1}x_1 & \sqrt{w_1}y_1 & \sqrt{w_1} \\ \sqrt{w_2}x_2^2 & \sqrt{w_2}x_2y_2 & \sqrt{w_2}y_2^2 & \sqrt{w_2}x_2 & \sqrt{w_2}y_2 & \sqrt{w_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sqrt{w_{N1}}x_{N1}^2 & \sqrt{w_{N1}}x_{N1}y_{N1} & \sqrt{w_{N1}}y_{N1}^2 & \sqrt{w_{N1}}x_{N1} & \sqrt{w_{N1}}y_{N1} & \sqrt{w_{N1}} \end{bmatrix} \quad V = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1}v_1 \\ \sqrt{w_2}v_2 \\ \dots \\ \sqrt{w_{N1}}v_{N1} \end{bmatrix}$$

[0132] 其中 w 是对每一个采样点设定的权重值,角标为采样点序号,一般图片中心样本的权重值较大,图像边缘样本点的权重值偏小;计算 $C = (X^T X)^{-1} X^T V$,其中矩阵右上角的 T 表示转置,右上角的 -1 表示求逆矩阵。

[0133] 步骤 2.5(加权二维高斯曲面):让 c_7 的取值从 0 到 I_A 中的最小值 $\min(I_A)$,对每一个取值构造 X 和 V

[0134]

$$X = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1}x_1^2 & \sqrt{w_1}x_1y_1 & \sqrt{w_1}y_1^2 & \sqrt{w_1}x_1 & \sqrt{w_1}y_1 & \sqrt{w_1} \\ \sqrt{w_2}x_2^2 & \sqrt{w_2}x_2y_2 & \sqrt{w_2}y_2^2 & \sqrt{w_2}x_2 & \sqrt{w_2}y_2 & \sqrt{w_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sqrt{w_{N1}}x_{N1}^2 & \sqrt{w_{N1}}x_{N1}y_{N1} & \sqrt{w_{N1}}y_{N1}^2 & \sqrt{w_{N1}}x_{N1} & \sqrt{w_{N1}}y_{N1} & \sqrt{w_{N1}} \end{bmatrix}$$

[0135]

$$V = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} \ln(v_1 - c_7) \\ \sqrt{w_2} \ln(v_2 - c_7) \\ \dots \\ \sqrt{w_{N1}} \ln(v_{N1} - c_7) \end{bmatrix}$$

[0136] 其中 w 是对每一个采样点设定的权重值,角标为采样点序号,一般图片中心样本的权重值较大,图像边缘样本点的权重值偏小;计算 $C' = (X^T X)^{-1} X^T V$,其中矩阵右上角的 T 表示转置,右上角的 -1 表示求逆矩阵,然后计算 $err = (XC' - V)^T (XC' - V)$;在 c_7 的所有取值中选取 err 最小的一组 C' 和 c_7 共同构造 C

[0137]

$$C = \begin{bmatrix} C' \\ c_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \\ c_5 \\ c_6 \\ c_7 \end{bmatrix}。$$

[0138] 进一步的,步骤 3 按照选取的平滑曲面模型的区别,分别具体为

[0139] 步骤 3.1(二阶多项式曲面及加权二阶多项式曲面):对 I_1 中的每一个像素,令其行数为 x,列数为 y,则该像素的值 z 为

$$[0140] \quad z = c_1x^2 + c_2xy + c_3y^2 + c_4x + c_5y + c_6$$

[0141] 步骤 3.2(二维高斯曲面及加权二维高斯曲面):对 I_1 中的每一个像素,令其行数

为 x , 列数为 y , 则该像素的值 z 为

$$[0142] \quad z = \exp(c_1x^2 + c_2xy + c_3y^2 + c_4x + c_5y + c_6) + c_7$$

[0143] 二、变焦镜头的自动校正方法

[0144] 步骤 A: 在焦距 F 范围内从最小到最大每隔一定间距取一个焦距样本点, 间距一般设定在 20mm 到 200mm 之间, 小焦距的间隔可以取大一些, 大焦距的间隔可以取小一些, 比如焦距 50mm 到 500mm 的镜头取的焦距样本点可以是 $F = 50\text{mm}$ 、200mm、300mm、400mm、450mm、500mm;

[0145] 步骤 B: 在每个焦距样本点上执行定焦镜头自动校正方法, 并分别记录平滑曲面参数;

[0146] 步骤 C: 对焦距值 $F = f_b$, 且 f_b 不是焦距样本点, 取不超过 f_b 的最大焦距样本点 f_a , 该样本点测得平滑曲面参数记为 C_a ; 不小于 f_b 的最小焦距样本点 f_c , 该样本点测得平滑曲面参数记为 C_c ; 则在 $F = f_b$ 焦距值的平滑曲面参数为:

[0147]

$$C_b = \frac{f_c - f_b}{f_c - f_a} C_a + \frac{f_b - f_a}{f_c - f_a} C_c$$

[0148] 三、手动设置镜头形变系数 G 进行快速校正的方法:

[0149] 对于某焦距值 F , 自动校正算法已经执行过 N_2 ($N_2 \geq 2$) 次, 分别测得的二阶多项式曲面参数为 $C_j = \{c_{1_j}, c_{2_j}, c_{3_j}, c_{4_j}, c_{5_j}, c_{6_j}\}$ ($1 \leq j \leq N_2$), 角标中的前一个数字表示第几个参数 (共 6 个), 角标中的第二个参数表示第几次自动校正操作结果。当镜头发生形变引发通光量强度不均已经不能使用之前的校正参数进行修正时, 可以设置镜头形变参数 G 快速校正新的通光量强度不均问题。新的平滑曲面参数 $C_{N_2+1} = \{c_{1_{N_2+1}}, c_{2_{N_2+1}}, c_{3_{N_2+1}}, c_{4_{N_2+1}}, c_{5_{N_2+1}}, c_{6_{N_2+1}}\}$ 计算方法为

[0150] 步骤 a: 对所有的 c_{1_j} , $1 \leq j \leq N_2$, 提取最近两次自动校正算法结果 $c_{1_{N_2-1}}$ 和 $c_{1_{N_2}}$, 令 $k_1 = c_{1_{N_2}} - c_{1_{N_2-1}}$;

[0151] 步骤 b: 对 $c_{2_j}, c_{3_j}, c_{4_j}, c_{5_j}, c_{6_j}$, 使用与步骤 a 一样的方法, 计算 k_2, k_3, k_4, k_5, k_6 ;

[0152] 步骤 c: 设置镜头形变参数 G , 则新的二阶多项式曲面参数 $C_{\text{new}} = \{c_{1_{\text{new}}}, c_{2_{\text{new}}}, c_{3_{\text{new}}}, c_{4_{\text{new}}}, c_{5_{\text{new}}}, c_{6_{\text{new}}}\}$ 为

$$[0153] \quad c_{1_{\text{new}}} = c_{1_{N_2}} + k_1 G$$

$$[0154] \quad c_{2_{\text{new}}} = c_{2_{N_2}} + k_2 G$$

$$[0155] \quad c_{3_{\text{new}}} = c_{3_{N_2}} + k_3 G$$

$$[0156] \quad c_{4_{\text{new}}} = c_{4_{N_2}} + k_4 G$$

$$[0157] \quad c_{5_{\text{new}}} = c_{5_{N_2}} + k_5 G$$

$$[0158] \quad c_{6_{\text{new}}} = c_{6_{N_2}} + k_6 G$$

[0159] 二维高斯曲面参数计算方法与二阶多项式曲面参数相同。

[0160] 四、更高精度校正

[0161] 平均图像与平滑曲面之间存在较小误差, 为进一步提高校正精度, 可以在平滑曲面参数中增加两个参数 $\{c_8, c_9\}$, 二阶多项式曲面是 $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_8, c_9\}$ 8 个参数, 二维高斯曲面是 $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9\}$ 9 个参数。这两个参数的计算在原计算方法的基础上增加一步为:

[0162] 令 c_8 取值从 5 到 $\min(W/2, H/2)$, W 和 H 分别为图像的宽度和高度, 分别构造矩阵 Y , 非加权曲面为:

[0163]

$$Y = \begin{bmatrix} \frac{x_1^2 + y_1^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_1^2 - y_1^2}{2c_8^2}\right) \\ \frac{x_2^2 + y_2^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_2^2 - y_2^2}{2c_8^2}\right) \\ \dots \\ \frac{x_{N1}^2 + y_{N1}^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_{N1}^2 - y_{N1}^2}{2c_8^2}\right) \end{bmatrix}$$

[0164] 加权曲面为:

[0165]

$$Y = \begin{bmatrix} \sqrt{w_1} \frac{x_1^2 + y_1^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_1^2 - y_1^2}{2c_8^2}\right) \\ \sqrt{w_2} \frac{x_2^2 + y_2^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_2^2 - y_2^2}{2c_8^2}\right) \\ \dots \\ \sqrt{w_{N1}} \frac{x_{N1}^2 + y_{N1}^2 - 2c_8^2}{c_8^4} \exp\left(\frac{-x_{N1}^2 - y_{N1}^2}{2c_8^2}\right) \end{bmatrix}$$

[0166] 令 c_9 为 $XC-V$ 与 Y 之间误差的平均值

[0167] $c_9 = \text{mean}(XC-V-Y)$

[0168] 计算误差 err , 二阶多项式曲面及加权二阶多项式曲面为

[0169] $\text{err} = (XC-Y-V-c_9)^T (XC-Y-V-c_9)$

[0170] 二维高斯曲面及加权二维高斯曲面为

[0171] $\text{err} = (XC-V')^T (XC-V')$

[0172] $V' = \ln(\exp(V) - Y - c_9)$

[0173] 在 c_8 的所有取值中选取 err 最小的一组 $\{c_8, c_9\}$ 。

[0174] 本发明并不局限于前述的具体实施方式。本发明扩展到任何在本说明书中披露的新特征或任何新的组合, 以及披露的任一新的方法或过程的步骤或任何新的组合。