



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109005340 A

(43)申请公布日 2018.12.14

(21)申请号 201810846767.4

(22)申请日 2018.07.27

(71)申请人 武汉精测电子集团股份有限公司

地址 430070 湖北省武汉市洪山区书城路
48#(北港工业园)1栋11层

(72)发明人 李波 欧昌东 杨阳

(74)专利代理机构 武汉东喻专利代理事务所
(普通合伙) 42224

代理人 赵伟

(51)Int.Cl.

H04N 5/232(2006.01)

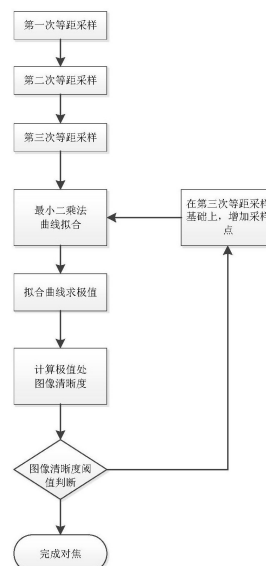
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法及装置

(57)摘要

本发明属于图像检测技术领域,公开了一种基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法及装置,其方法包括:进行三次定长采样,根据第三次定长采样的采样点通过最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合,根据拟合二项式曲线确定图像清晰度评价值的极值;当图像清晰度评价值的极值超过图像清晰度的判定阈值,则判定为实现自动对焦;其中,第二次采样的采样步进区间根据第一次定长采样的采样值确定;第三次采样的采样步进区间根据第二次定长采样的采样值确定;该方法在自动对焦过程中,计算图像清晰度的次数远小于爬山搜索算法,缩短了对焦时间;而且该方法在全局进行定长采样,解决了爬山搜索算法只能获取局部图像最清晰点的问题,实现了全局自动对焦。



1. 一种基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法, 其特征在于, 进行三次定长采样, 根据第三次定长采样的数据通过最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合, 根据拟合得到的曲线确定图像清晰度评价值的极值; 当所述极值超过图像清晰度的判定阈值, 则完成自动对焦;

其中, 第二次定长采样的采样区间根据第一次定长采样的采样值确定; 第三次定长采样的采样区间根据第二次定长采样的采样值确定。

2. 如权利要求1所述的自动对焦方法, 其特征在于, 采样区间根据以下方法确定:

(1) 将初始采样区间进行等分, 等分点即为第一次定长采样的采样点; 获取一组包括各采样点对应的步进角计数值、各采样点对应的图像清晰度的数据;

(2) 从第一次定长采样的采样点对应的图像清晰度中选取最大值, 将所述最大值对应的采样点作为第一参考点, 以第一参考点减去 q 倍于第一次采样步进长度的位置为起点, 以第一参考点加上 q 倍于第一次采样步进长度的位置为终点, 构成第二采样区间; q 为大于0小于1的数;

(3) 将第二采样区间进行等分, 等分点即为第二次定长采样的采样点; 获取一组包括各采样点对应的步进角计数值、各采样点对应的图像清晰度的数据;

(4) 从第二次定长采样的采样点对应的图像清晰度中选取最大值, 将该最大值对应的采样点作为第二参考点; 以第二参考点减去 q 倍于第二次采样步进长度的位置为起点, 以第二参考点加上 q 倍于第二次采样步进长度的位置为终点, 构成第三采样区间。

3. 如权利要求1或2所述的自动对焦方法, 其特征在于, 通过对采样点对应的图像清晰度值进行冒泡排序, 得到图像清晰度的最大值。

4. 如权利要求1或2所述的自动对焦方法, 其特征在于, 根据第三次定长采样中各采样点对应的步进角计数值、图像清晰度数据通过最小二乘法进行曲线拟合得到曲线的二次多项式。

5. 如权利要求4所述的自动对焦方法, 其特征在于, 将第三次定长采样的3个采样点 (x_{30}, y_{30}) , (x_{31}, y_{31}) , (x_{32}, y_{32}) 通过最小二乘法进行二次项曲线拟合, 具体包括如下步骤:

(i) 计算以下表项中的求和数据;

	x_i	y_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
(x_{30}, y_{30})	x_{30}	y_{30}	x_{30}^2	x_{30}^3	x_{30}^4	$x_{30} y_{30}$	$x_{30}^2 y_{30}$
(x_{31}, y_{31})	x_{31}	y_{31}	x_{31}^2	x_{31}^3	x_{31}^4	$x_{31} y_{31}$	$x_{31}^2 y_{31}$
(x_{32}, y_{32})	x_{32}	y_{32}	x_{32}^2	x_{32}^3	x_{32}^4	$x_{32} y_{32}$	$x_{32}^2 y_{32}$
Σ	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}$	$\sum_{i=0}^2 y_{3i}$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^2$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^3$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^4$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i} y_{3i}$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 y_{3i}$

(ii) 根据求和数据得到非齐次线性方程组

$$\begin{bmatrix} 3 & \sum_{i=0}^2 x_{3i} & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 \\ \sum_{i=0}^n x_{3i} & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^3 \\ \sum_{i=0}^n x_{3i}^2 & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^3 & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^2 y_{3i} \\ \sum_{i=0}^2 x_{3i} y_{3i} \\ \sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 y_{3i} \end{bmatrix}$$

(iii) 求解所述非齐次线性方程组得到向量 $(a_0, a_1, a_2)^T$;

(iv) 通过所述向量得到拟合的二次多项式

$$y = a_2 x^2 + a_1 x + a_0.$$

6. 如权利要求4或5所述的自动对焦方法,其特征在於,获得图像清晰度评价值的极值的方法,包括如下步骤:

对拟合的二次多项式求导,

$$\frac{dy}{dx} = 2a_2 x + a_1$$

令拟合的二次多项式的一阶导数等于0,即 $\frac{dy}{dx} = 2a_2 x + a_1 = 0$; 获取拟合二次多项式的极值 $\hat{x} = -\frac{a_1}{2a_2}$;

所述拟合二次多项式的极值 \hat{x} 处对应的图像清晰度评价值 \hat{y} 即为图像清晰度评价值的极值。

7. 如权利要求1~6任一项所述的自动对焦方法,其特征在於,根据图像清晰度评价值的极值实现自动对焦的方法如下:

获取图像清晰度评价值的极值 \hat{y} 处的图像清晰度的误差

$$\hat{\delta} = \frac{|\hat{y} - y_{\max}|}{y_{\max}};$$

将所述的图像清晰度的误差与预设的允许误差最大值为 δ_{\max} 进行比较,若实际误差 $\hat{\delta} < \delta_{\max}$,则电机移动到对应的采样点时实现自动对焦;其中, y_{\max} 是指实际对焦清晰时的图像清晰度。

8. 如权利要求1~6所述的自动对焦方法,其特征在於,若采样点对应的图像清晰度评价值的极值 $\hat{y} \geq y_{\text{need}}$,则认为电机移动到对应的采样点时,所对应的图像清晰度满足需求,完成自动对焦;

其中, y_{need} 是指工程应用中所需的图像清晰度的最小值。

9. 一种基于权利要求1~8任一项所述的自动对焦方法的自动对焦装置,其特征在於,包括镜头、相机、步进电机、通信模块、控制模块、计算模块;

所述相机与镜头之间具有通信连接,镜头与步进电机具有通信连接,步进电机与控制模块之间通过通信模块连接,控制模块与计算模块之间具有连接,计算模块与相机之间具

有连接；

所述相机用于进行图像取像；步进电机用于根据控制模块的指令调整镜头的焦距至对焦；通信模块用于步进电机与控制模块之间的通信，将控制模块的指令下发到步进电机；控制模块用于根据步进电机的步进距离控制相机进行取像；计算模块用于计算相机获得的图像的清晰度评价值；所述自动对焦装置根据权利要求1~8任一项所述的方法，完成自动对焦。

10. 如权利要求9所述的自动对焦装置，其特征在于，还包括图像采集模块，图像采集模块与相机及计算模块均有通信连接；用于获取相机中的图像并缓存到计算模块。

基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于图像检测技术领域,具体涉及一种基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法及装置。

背景技术

[0002] 现有技术在自动对焦系统中采用的爬山搜索算法在图像清晰度曲线的最大值附近电机移动较短的行程下来回搜索,造成爬山搜索算法对焦慢;而且爬山搜索算法存在只能获取局部图像最清晰点的问题;需要对其进行改进。

发明内容

[0003] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法及装置,其目的在于解决现有方法对焦慢、只能获取局部图像最清晰点的问题。

[0004] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法,进行三次定长采样,根据第三次定长采样的数据通过最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合,根据拟合得到的曲线确定图像清晰度评价值的极值;当所述极值超过图像清晰度的判定阈值,则完成自动对焦;

[0005] 其中,第二次定长采样的采样区间根据第一次定长采样的采样值确定;第三次定长采样的采样区间根据第二次定长采样的采样值确定;

[0006] 由于自动对焦的过程是图像由模糊到清晰、图像清晰度评价值由小增大的过程;当图像清晰度的评价值极值达到设定的图像清晰度的判定阈值即判定图像清晰,完成对焦,由此来实现自动对焦;图像清晰度的判定阈值则根据工程应用需求、用户需求来预设。

[0007] 优选地,上述的自动对焦方法,第二、第三采样区间根据以下方法确定:

[0008] (1) 将初始采样区间进行等分,等分点即为第一次定长采样的采样点;获取一组包括各采样点对应的步进角计数值、各采样点对应的图像清晰度的数据;

[0009] (2) 从第一次定长采样的采样点对应的图像清晰度中选取最大值,将所述最大值对应的采样点作为第一参考点,以第一参考点减去 q 倍于第一次采样步进长度的位置为起点,以第一参考点加上 q 倍于第一次采样步进长度的位置为终点,构成第二采样区间; q 为大于0小于1的数;

[0010] (3) 将第二采样区间进行等分,等分点即为第二次定长采样的采样点;获取一组包括各采样点对应的步进角计数值、各采样点对应的图像清晰度的数据;

[0011] (4) 从第二次定长采样的采样点对应的图像清晰度中选取最大值,将该最大值对应的采样点作为第二参考点;以第二参考点减去 q 倍于第二次采样步进长度的位置为起点,以第二参考点加上 q 倍于第二次采样步进长度的位置为终点,构成第三采样区间。

[0012] 优选地,上述的自动对焦方法,通过对采样点对应的图像清晰度值进行冒泡排序,

得到图像清晰度的最大值。

[0013] 优选地,上述基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法,三次定长采样方法具体包括如下步骤:

[0014] (1) 获取步进电机从初始位置到最大位置的最大步进距离step_max;

[0015] (2) 对步进电机的最大步进距离step_max进行 N_1 等分;

[0016] (3) 从步进电机的初始位置开始,依次移动 N_1 个step_max/ N_1 的步进距离,对步进电机到达的每个位置进行图像清晰度计算,

[0017] 得到 (N_1+1) 个采样数据 $(x_{10}, y_{10}), (x_{11}, y_{11}), \dots, (x_{1n}, y_{1n})$;

[0018] (4) 对 $y_{10}, y_{11}, \dots, y_{1n}$ 进行冒泡排序,得到图像清晰度的最大值 y_{1m} ,并记录 y_{1m} 所对应的步进电机所在的位置 x_{1m} ;

[0019] (5) 以上述位置 x_{1m} 为参考点,以 $[x_{1m}-\text{step_max}/(2*N_1), x_{1m}+\text{step_max}/(2*N_1)]$ 作为第二次定长采样的步进区间;

[0020] (6) 将二次采样的步进区间 $[x_{1m}-\text{step_max}/(2*N_1), x_{1m}+\text{step_max}/(2*N_1)]$ 进行 N_2 等分;

[0021] (7) 步进电机从 $(x_{1m}-\text{step_max}/(2*N_1))$ 的步进位置开始,以step_max/ N_1*N_2 的步进距离移动 N_2 次,对步进电机到达的每个位置进行图像清晰度计算,得到 (N_2+1) 个采样数据 $(x_{20}, y_{20}), (x_{21}, y_{21}), \dots, (x_{2n}, y_{2n})$;

[0022] (8) 对 $y_{20}, y_{21}, \dots, y_{2n}$ 进行冒泡排序,得到图像清晰度的最大值 y_{2m} ,并记录 y_{2m} 所对应的步进电机所在的位置 x_{2m} ;

[0023] (9) 以 $x_{2m}-\text{step_max}/(2*N_1*N_2), x_{2m}, x_{2m}+\text{step_max}/(2*N_1*N_2)$ 作为第三次定长采样的采样点,对步进电机到达的每个采样点进行图像清晰度计算;

[0024] 得到3个采样点数据 $(x_{30}, y_{30}), (x_{31}, y_{31}), (x_{32}, y_{32})$ 。

[0025] 优选地,上述的自动对焦方法,根据第三次定长采样中各采样点对应的步进角计数值、图像清晰度数据通过最小二乘法进行曲线拟合得到曲线的二次多项式;具体如下:

[0026] (10) 将3个采样点 $(x_{30}, y_{30}), (x_{31}, y_{31}), (x_{32}, y_{32})$ 通过最小二乘法进行二次项曲线拟合;

[0027] (11) 计算以下表项中的求和数据;

[0028]

	x_i	y_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
(x_{30}, y_{30})	x_{30}	y_{30}	x_{30}^2	x_{30}^3	x_{30}^4	$x_{30} y_{30}$	$x_{30}^2 y_{30}$

[0029]

(x_{31}, y_{31})	x_{31}	y_{31}	x_{31}^2	x_{31}^3	x_{31}^4	$x_{31} y_{31}$	$x_{31}^2 y_{31}$
(x_{32}, y_{32})	x_{32}	y_{32}	x_{32}^2	x_{32}^3	x_{32}^4	$x_{32} y_{32}$	$x_{32}^2 y_{32}$
Σ	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}$	$\sum_{i=0}^2 y_{3i}$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^2$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^3$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^4$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i} y_{3i}$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 y_{3i}$

[0030] (12) 根据上述求和的结果,得到非齐次线性方程组

$$[0031] \begin{bmatrix} 3 & \sum_{i=0}^2 x_{3i} & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 \\ \sum_{i=0}^n x_{3i} & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^3 \\ \sum_{i=0}^n x_{3i}^2 & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^3 & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^2 y_{3i} \\ \sum_{i=0}^2 x_{3i} y_{3i} \\ \sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 y_{3i} \end{bmatrix}$$

[0032] (13) 求解上述非齐次线性方程组得到向量 $(a_0, a_1, a_2)^T$;

[0033] (14) 通过上述向量得到拟合的二次多项式

$$[0034] y = a_2 x^2 + a_1 x + a_0.$$

[0035] 优选地,上述自动对焦方法,获得图像清晰度评价值的极值的方法,包括如下步骤:

[0036] (15) 对拟合的二次多项式求导,

$$[0037] \frac{dy}{dx} = 2a_2 x + a_1$$

[0038] (16) 令拟合的二次多项式的一阶导数等于0,即 $\frac{dy}{dx} = 2a_2 x + a_1 = 0$;获取拟合

二次多项式的极值 $\hat{x} = -\frac{a_1}{2a_2}$;

[0039] (17) 该拟合二次多项式的极值 \hat{x} 处对应的图像清晰度评价值 \hat{y} 即为图像清晰度评价值的极值。

[0040] 优选地,上述的自动对焦方法,根据图像清晰度评价值的极值实现自动对焦的方法包括如下步骤:

[0041] (18) 获取图像清晰度评价值的极值处的图像清晰度的误差

$$[0042] \hat{\delta} = \frac{|\hat{y} - y_{\max}|}{y_{\max}};$$

[0043] 其中, y_{\max} 是指实际对焦清晰时的图像清晰度;

[0044] (19) 将各步进点的图像清晰度的误差与预设的允许误差最大值为 δ_{\max} 进行比较,若实际误差 $\hat{\delta} < \delta_{\max}$,则电机移动到对应的采样点时实现自动对焦。

[0045] 优选地,上述的自动对焦方法,若采样点对应的图像清晰度评价值的极值 $\hat{y} \geq y_{\text{need}}$,则认为电机移动到对应的采样点时,所对应的图像清晰度满足需求,完成自动对焦;

[0046] 其中, y_{need} 是指工程应用中所需的图像清晰度的最小值。

[0047] 为实现本发明的目的,按照本发明的另一个方面,提供了自动对焦装置,包括镜头、相机、步进电机、通信模块、控制模块、计算模块;

[0048] 其中,相机与镜头之间具有通信连接,镜头与步进电机具有通信连接,步进电机与

控制模块之间通过通信模块连接,控制模块与计算模块之间具有连接,计算模块与相机之间具有连接;相机进行图像取像;步进电机用于调整镜头的焦距;通信模块用于与步进电机进行通信,对其下发控制指令,控制模块用于根据步进电机的步进距离控制相机进行取像;计算模块用于计算图像的清晰度。

[0049] 优选的,上述自动对焦装置,还包括图像采集模块,图像采集模块与相机及计算模块均有通信连接;用于获取相机中的图像,并缓存到计算模块,以进行图像清晰度评价值的运算。

[0050] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0051] (1) 本发明提供的基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法及装置,所确定的清晰度最大值能落入实际图像清晰度最大值附近的区间,因此能实现自动对焦;

[0052] (2) 本发明提供的基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法及装置,在自动对焦过程中,其优选方案中计算图像清晰度的次数为 (N_1+N_2+5) 次,而爬山搜索算法在自动对焦过程中计算图像清晰度的次数大于或远大于 (N_1+N_2+5) 次,因此本方法的对焦速度快于现有的爬山搜索算法;

[0053] (3) 本发明提供的基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合的自动对焦方法及装置,在全局进行定长采样,相比于爬山搜索算法只能获取局部图像最清晰点而言,能够解决爬山搜索算法只能获取局部图像最清晰点的问题,实现全局自动对焦。

附图说明

[0054] 图1是实施例提供的自动对焦装置的功能框图示意图;

[0055] 图2是实施例提供的自动对焦方法的流程示意图;

[0056] 图3是实施例中所逐行扫描的图像的示意图。

具体实施方式

[0057] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0058] 参照图1,实施例提供的自动对焦装置,包括镜头、相机、步进电机、图像采集模块、通信模块、控制模块、计算模块;

[0059] 其中,相机与图像采集模块之间具有连接,相机与镜头之间具有连接,镜头与步进电机具有通信连接,步进电机与控制模块之间通过通信模块连接,控制模块与计算模块之间具有连接,计算模块与图像采集模块之间具有连接;相机、图像采集模块进行图像取像;步进电机用于调整镜头的焦距;通信模块用于与步进电机进行通信,对其下发控制指令控制模块用于计算步进电机的步进距离,控制相机进行取像;计算模块用于计算图像的清晰度。

[0060] 结合上述自动对焦装置,实施例提供的基于最小二乘法进行图像清晰度曲线拟合

的自动对焦方法,参照图2,包括如下步骤:

[0061] (1) 三次定长采样;

[0062] (2) 进行最小二乘法曲线拟合;

[0063] (3) 根据拟合曲线获取极值;

[0064] (4) 计算获取极值处的图像清晰度;

[0065] (5) 进行图像清晰度判断,满足阈值条件的即为完成自动对焦,否则在第三次采样的基础上增加采样点,并进入步骤(2)。

[0066] 对实施例提供的自动对焦方法进一步具体阐述如下:

[0067] 1、获取步进电机从初始位置到最大位置的最大步进距离step_max;

[0068] 2、对步进电机的最大步进距离step_max进行 N_1 等分; N_1 为正整数,其取值取决于步进电机的步进角的精度和最大的行程范围;

[0069] 3、从步进电机的初始位置开始,依次移动 N_1 个step_max/ N_1 的步进距离,对步进电机到达的每个位置进行图像清晰度计算,

[0070] 得到 (N_1+1) 个采样数据 $(x_{10}, y_{10}), (x_{11}, y_{11}), \dots, (x_{1n}, y_{1n})$;

[0071] 其中, x_{10}, \dots, x_{1n} 分别是指第一次定长采样中 (N_1+1) 次采样的步进电机步进角的计数值; y_{10}, \dots, y_{1n} 分别是指图像清晰度评价值; n 是指采样次数;

[0072] 4、对 $y_{10}, y_{11}, \dots, y_{1n}$ 进行冒泡排序,得到图像清晰度的最大值 y_{1m} ,并记录 y_{1m} 所对应的步进电机所在的位置 x_{1m} ;

[0073] 其中, m 是指在第一次定长采样操作中的第 m 次采样,其清晰度记为 y_{1m} ;

[0074] 5、以上述位置 x_{1m} 为参考点,以 $[x_{1m}-\text{step_max}/(2*N_1), x_{1m}+\text{step_max}/(2*N_1)]$ 作为第二次定长采样的步进区间;

[0075] 6、将新的采样步进区间 $[x_{1m}-\text{step_max}/(2*N_1), x_{1m}+\text{step_max}/(2*N_1)]$ 内进行 N_2 等分; N_2 取正整数;

[0076] 7、从步进电机的 $(x_{1m}-\text{step_max}/(2*N_1))$ 的步进位置开始,以step_max/ N_1*N_2 的步进距离移动 N_2 次,对步进电机到达的每个位置进行图像清晰度计算;

[0077] 得到 (N_2+1) 个采样点数据 $(x_{20}, y_{20}), (x_{21}, y_{21}), \dots, (x_{2n}, y_{2n})$;

[0078] 其中, x_{20}, \dots, x_{2n} 分别是指第二次定长采样中 N_2+1 次的步进电机步进角的计数值; y_{20}, \dots, y_{2n} 分别是指第二次定长采样中各采样点的图像清晰度评价值;

[0079] 8、对 $y_{20}, y_{21}, \dots, y_{2n}$ 进行冒泡排序,得到图像清晰度的最大值 y_{2m} ,并记录 y_{2m} 所对应的步进电机所在的位置 x_{2m} ;

[0080] 9、以 $x_{2m}-\text{step_max}/(2*N_1*N_2), x_{2m}, x_{2m}+\text{step_max}/(2*N_1*N_2)$ 作为第三次定长采样的采样点,对步进电机到达的采样点进行图像清晰度计算,得到3个采样点数据 $(x_{30}, y_{30}), (x_{31}, y_{31}), (x_{32}, y_{32})$;

[0081] 10、将3个采样点 $(x_{30}, y_{30}), (x_{31}, y_{31}), (x_{32}, y_{32})$ 通过最小二乘法进行二次项曲线拟合。

[0082] 11、获取以下表项中的求和数据;

[0083]

	x_i	y_i	x_i^2	x_i^3	x_i^4	$x_i y_i$	$x_i^2 y_i$
(x_{30}, y_{30})	x_{30}	y_{30}	x_{30}^2	x_{30}^3	x_{30}^4	$x_{30} y_{30}$	$x_{30}^2 y_{30}$
(x_{31}, y_{31})	x_{31}	y_{31}	x_{31}^2	x_{31}^3	x_{31}^4	$x_{31} y_{31}$	$x_{31}^2 y_{31}$
(x_{32}, y_{32})	x_{32}	y_{32}	x_{32}^2	x_{32}^3	x_{32}^4	$x_{32} y_{32}$	$x_{32}^2 y_{32}$

[0084]

Σ	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}$	$\sum_{i=0}^2 y_{3i}$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^2$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^3$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^4$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i} y_{3i}$	$\sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 y_{3i}$
----------	-----------------------	-----------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------------------	--------------------------------

[0085] 其中 (x_{30}, y_{30}) , (x_{31}, y_{31}) , (x_{32}, y_{32}) 是通过采样获取的已知数据;其余数据是在本步骤计算获得;

[0086] 12、通过以上求和数据,获得非齐次线性方程组

$$[0087] \begin{bmatrix} 3 & \sum_{i=0}^2 x_{3i} & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 \\ \sum_{i=0}^n x_{3i} & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^3 \\ \sum_{i=0}^n x_{3i}^2 & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^3 & \sum_{i=0}^2 x_{3i}^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=0}^2 y_{3i} \\ \sum_{i=0}^2 x_{3i} y_{3i} \\ \sum_{i=0}^2 x_{3i}^2 y_{3i} \end{bmatrix}$$

[0088] 13、求解上述非齐次线性方程组得到向量 $(a_0, a_1, a_2)^T$;

[0089] 14、通过上述向量得到拟合的二次多项式

$$[0090] y = a_2 x^2 + a_1 x + a_0$$

[0091] 15、对拟合的二次多项式求导

$$[0092] \frac{dy}{dx} = 2a_2 x + a_1$$

[0093] 16、令拟合的二次多项式的一阶导数等于0,即

$$[0094] \frac{dy}{dx} = 2a_2 x + a_1 = 0$$

[0095] 17、获取拟合二次多项式的极值

$$[0096] \hat{x} = -\frac{a_1}{2a_2}$$

[0097] 18、在极值 \hat{x} 处计算得到图像清晰度评价值的极值 \hat{y} ；令实际对焦清晰时的图像清晰度为 y_{\max} ，获得最小二乘法拟合曲线的极值处的图像清晰度的误差为

$$[0098] \quad \hat{\delta} = \frac{|\hat{y} - y_{\max}|}{y_{\max}};$$

[0099] 19、在实施例的应用场景下允许的误差最大值为 δ_{\max} ，用户要求的图像清晰度不能低于 y_{need} ；若实际求得的误差 $\hat{\delta} < \delta_{\max}$ 或者图像清晰度评价值的极值 $\hat{y} \geq y_{\text{need}}$ ，电机移动到 \hat{x} 时，所对应的图像清晰度 \hat{y} 满足工程应用需求，即在工程应用上，完成自动对焦。

[0100] 利用29M高分辨率的工业相机，采用上述实施例所提供的曲线拟合方法和爬山搜索法分别对图3所示意的图片进行逐行扫描，镜头离目标约为53cm，对焦时的图像清晰度评价值及误差数据如下表1所列；

[0101] 表1曲线拟合方法和爬山搜索法数据列表

[0102]

	第一次对焦	第二次对焦
曲线拟合法	16.911515	12.721889
爬山搜索法	17.188380	9.591330
误差	1.6108%	-32.6395%

[0103] 表1中，第二行和第三行的数据为对焦时的图像清晰度评价值，第1次对焦和第2次对焦时图像清晰度评价值的差异是由于相机镜头与目标之间的距离不同所产生的差异。本实例中，工程应用要求图像清晰度的阈值 y_{need} 为16；在第1次对比中，采用实施例提供的曲线拟合方法获取的极值 \hat{x} 处的图像清晰度 $\hat{y}=16.911515$ ；图像清晰度不低于 y_{need} ，则电机移动到极值 \hat{x} 时，所对应的图像清晰度 \hat{y} 满足工程应用需求，即在工程应用上，完成自动对焦。采用实施例提供的图像清晰度曲线拟合法相较于现有技术爬山搜索法，图像清晰度评价值差异为1.6108%，表明本发明所采用的曲线拟合方法相较于现有技术爬山搜索法对焦时图像清晰度差异不大。

[0104] 第2次对比中，由于爬山法在同一位置计算清晰度评价值存在波动，导致爬山法陷入局部最大值。采用本发明提供的方法，图像清晰度计算次数为25次即实现了对焦；而采用爬山搜索法则需要52次计算才能对焦；相比较而言，采用本发明所提供的方法在自动对焦过程中速度提高了一倍。

[0105] 本领域的技术人员容易理解，以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

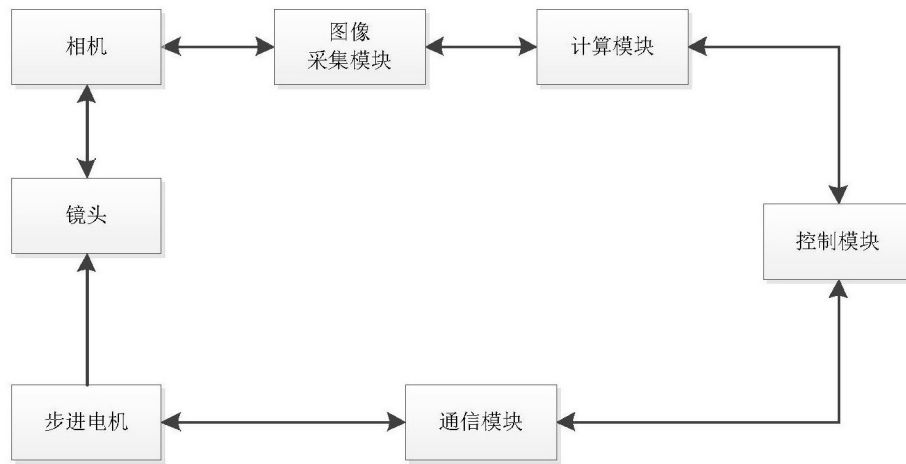


图1

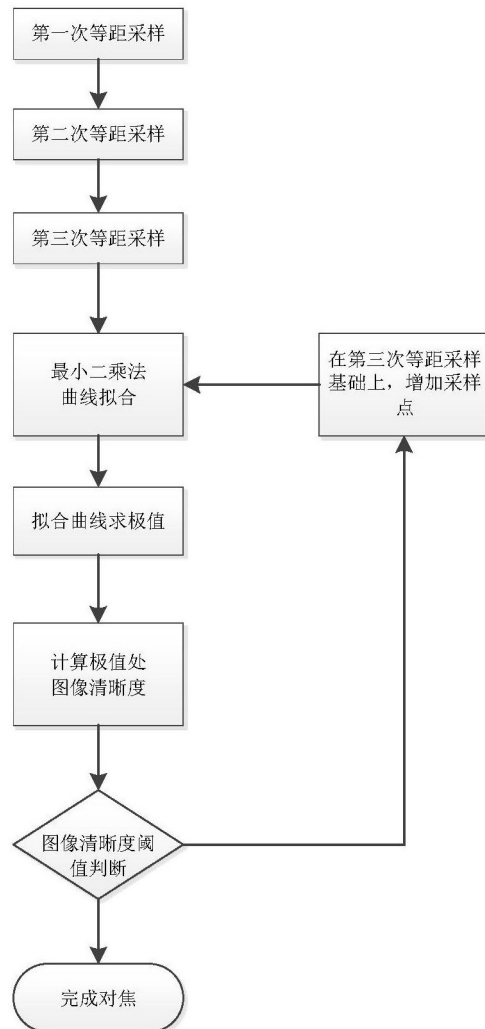


图2



图3