



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109859137 A
(43)申请公布日 2019.06.07

(21)申请号 201910114952.9

(22)申请日 2019.02.14

(71)申请人 重庆邮电大学

地址 400065 重庆市南岸区黄桷垭崇文路2号

(72)发明人 李银国 程诚 史豪豪

(74)专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275

代理人 赵荣之

(51) Int. Cl.

G06T 5/00(2006.01)

G06T 7/80(2017.01)

G06T 7/13(2017.01)

G06T 3/40(2006.01)

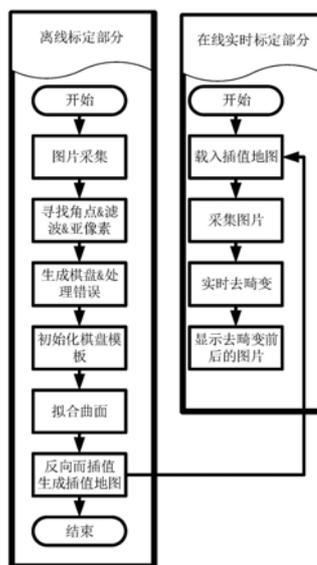
权利要求书3页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

一种广角相机非规则畸变全域校正方法

(57)摘要

本发明涉及一种广角相机非规则畸变全域校正方法,包括以下步骤:S1:图片采集:对采集的图像作辅助线,并实时显示,将辅助线对齐棋盘格中心区域,拍摄照片;S2:角点检测,剔除边缘点和角点评分低于阈值的角点;S3:棋盘格检测:对检测到的角点,通过生长法检测出棋盘格,进行棋盘格方向校正,重复部分全部通过,则进行拼接,得到新的棋盘格;S4:数据初始化,根据检测到的棋盘格,初始化期望棋盘格的位置数据;S5:拟合曲面:使用改进后的TPS方法拟合出插值曲面;S6:生成插值地图:使用得到的插值曲面,获取插值地图;S7:实时畸变校正:载入插值地图,实时采集图片,并实时进行畸变校正。



1. 一种广角相机非规则畸变全域校正方法,其特征在於:包括以下步骤:

S1: 图片采集:对采集的图像作辅助线,并实时显示,将辅助线对齐棋盘格中心区域,拍摄照片;

S2: 角点检测:①使用Prewitt算子计算出两个方向的梯度,并计算图片梯度的方向和幅值;②归一化梯度方向,初始化角点模板,使用角点模板对原图片进行滤波处理,获得初始角点;③并对得到角点进行非极大值抑制;④对角点进行亚像素化;⑤剔除边沿点和角点评分低于阈值的角点;

S3: 棋盘格检测:对检测到的角点,通过生长法检测出棋盘格;①与图像最中心点的欧氏距离从近到远循环每一个角点;②初始化一个棋盘格,通过寻找该点周围八个方向上的匹配点作为初始棋盘格;③通过向上下左右四个方向上生长,计算生长后棋盘格的能量,当能量函数小于阈值时,生长成功;④进行棋盘格方向校正,重复部分全部通过,则进行拼接,得到新的棋盘格;

S4: 数据初始化:检测中心区域的棋盘格,并以中心点为基准,图像左上角为像素坐标系原点,向右为u轴正方向,向下为v轴正方向;根据检测到的棋盘格,初始化期望棋盘格的位置数据;

S5: 拟合曲面:使用改进后的TPS方法拟合出插值曲面;

S6: 生成插值地图:使用得到的插值曲面,获取插值地图;

S7: 实时畸变校正:载入插值地图,实时采集图片,并使用反向二插值,并实时进行畸变校正。

2. 根据权利要求1所述的广角相机非规则畸变全域校正方法,其特征在於:步骤S2中,通过下列公式进行棋盘内角点匹配:

$$c = \max(s_1^1, s_2^1, s_1^2, s_2^2)$$

$$s_1^i = \min(\min(f_A^i, f_B^i) - \mu, \mu - \min(f_C^i, f_D^i))$$

$$s_2^i = \min(\mu - \min(f_A^i, f_B^i), \min(f_C^i, f_D^i) - \mu)$$

$$\mu = \frac{1}{4}(f_A^i + f_B^i + f_C^i + f_D^i)$$

其中, s_1^i 和 s_2^i 表示i的黑白棋盘格调换两种可能性; $f_{(A,B,C,D)}^i$ 表示图像在i大小的(A,B,C,D)四类核的卷积值;

亚像素角和方向细化:对检测出的内角点,去除边沿点和低得分点。然后亚像素化角点,即寻找满足下式的c值:

$$c = \arg \min_{c'} \sum_{P \in N_1(c')} (g_P^T(P - c'))^2$$

其中, N_1 表示像素周围11x11的候选像素; $g_P^T(P - c')$ 表示P点与周围的候选像素的梯度差。

3. 根据权利要求1所述的广角相机非规则畸变全域校正方法,其特征在於:步骤S3中棋盘格生长方法包括:恢复结构,即优化能量函数,生长棋盘格:初始化6个点构成4个方格的棋盘格,然后通过寻找四个方向中能量最小的方向生长棋盘,直到没有新的棋盘格阵列,其

中棋盘能量定义为:

$$E(x, y) = E_{\text{corners}}(y) + E_{\text{struct}}(x, y)$$

$$E_{\text{corners}}(y) = -\text{size}(\text{chessboard}, 1) * \text{size}(\text{chessboard}, 2)$$

$$E_{\text{struct}}(x, y) = \max_{i, j, k \in T} \frac{\|c_i + c_k - sc_j\|_2}{\|c_i - c_k\|_2}$$

其中, E_{corners} 表示当前棋盘格中角点的个数的负值, $\text{size}(\text{chessboard}, 1)$ 表示棋盘格的高, $\text{size}(\text{chessboard}, 2)$ 表示棋盘格的宽, E_{struct} 表示预测和实际棋盘的匹配程度, $c_{i, j, k}$ 表示三个相邻的纵横棋盘格点; 当四个方向上的总能量都大于零时结束生长。

4. 根据权利要求1所述的广角相机非规则畸变全域校正方法, 其特征在于: 步骤S3中的棋盘格方向校正包括: 重复部分全部通过, 则进行拼接, 得到新的棋盘格。首先进行棋盘格方向校正, 如下列公式所示:

$$\text{acha}(i) = P_a(i+1) - P_a(i), i = 1 \cdots n-1$$

$$\text{direction.ab} = \text{direction.a} - \text{direction.b}$$

$$C_b^a = \text{rot90}(C_b, \text{direction.ab})$$

其中, $P_a(i)$ 表示两个棋盘的相同点在棋盘a的位置; direction.a 表示棋盘a的相对角度(可以在表格1中查到, \square : a或者b, *: 任意取值); direction.ab 表示棋盘格b相对于棋盘a的角度; C_b 表示棋盘b; C_b^a 表示校正方向后的棋盘b;

然后, 通过匹配来进行棋盘格的扩张:

$$C(m + \max(a_1, b_1) - a_1, n + \max(a_2, b_2) - a_2) = a(m, n)$$

$$C(m + \max(a_1, b_1) - b_1, n + \max(a_2, b_2) - b_2) = b(m, n)$$

其中, $(a_1, a_2) = (p_a(1).x, p_a(1).y)$, 表示两个棋盘第一个相同点在棋盘a的位置;

$(b_1, b_2) = (p_b(1).x, p_b(1).y)$, 表示两个棋盘第一个相同点在棋盘b的位置; C表示匹配后的棋盘格。

5. 根据权利要求1所述的广角相机非规则畸变全域校正方法, 其特征在于: 步骤S5中的TPS算法包括: 当径向函数为二次的时候被称为薄板样条插值, 是一种求取经过所有数据点的, 具有最小曲率的平滑金属薄板的方法;

在数据具有二次连续导数的前提下, 具有能量函数为:

$$E = \iint_{R^2} \left[\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right)^2 \right] dx dy$$

对于具体的离散的数据点, 其最小能量函数为:

$$f(x, y) = a_0 + x + x[a_1 r^2 + a_2 r^4] + \sum_{i=1}^n w_i U(|P_i| - (x, y))$$

该能量函数包含两部分, 仿射部分 $a_0 + x + x[a_1 r^2 + a_2 r^4]$, 表示无穷远处的薄板的曲面趋势, 剩余离散部分, 弯曲数据点附近的曲面, 以使其通过该数据点, $|\cdot|$ 表示欧几里德范数, c_i 是系数, U为TPS的核函数, 表达式为

$$U(r) = r^2 \log(r), r^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2$$

通过对函数中的参数的计算, 得到拟合后的曲面。

6. 根据权利要求1所述的广角相机非规则畸变全域校正方法,其特征在於:步骤S7中的实时校正中的运用插值地图,进行畸变校正,使用反向双线性插值算法进行畸变校正,寻找已知权重的四个点中间的任意一点的权重;

然后在x方向进行线性插值,得到

$$f(x, y_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_1) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_1)$$

$$f(x, y_2) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_2) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_2)$$

然后在y方向进行线性插值,得到

$$f(x, y) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(x, y_2) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(x, y_1)$$

综合起来就是双线性插值最后的结果:

$$f(x, y) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} \left(\frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_2) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_2) \right) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \left(\frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_1) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_1) \right)$$

一种广角相机非规则畸变全域校正方法

技术领域

[0001] 本发明属于相机标定技术畸变校正领域,涉及一种广角相机非规则畸变全域校正方法。

背景技术

[0002] 随着计算机行业和芯片行业的飞速发展和不断更新,智能驾驶、智能监控等技术不断成熟。相机的作用和应用有了很大的发展,相机不仅仅是获取图像,我们希望通过计算机处理所得的图片,并从中提取需要的信息,以完成后续的计算和应用。我们知道三维世界中的点在二维图像上存在唯一的对应点,为了更准确的得到图像中的信息,我们需要建立相机成像模型,这些模型的参数就是相机参数,求解这些相机参数的过程称为相机的标定。依据相机焦距的长短可以将相机镜头分为三类,长焦镜头、标准镜头和广角镜头。长焦镜头可以拍摄很远的目标,远处景物如同在眼前一样,但拍摄视角比较小,不便拍摄近处景物。标准镜头是日常生活中最常见的,可以拍摄出比较符合人眼的观察习惯的图像。广角镜头的最大特点是拍摄视角大,得到的图像信息量比较多,但图像畸变比较大,一般需要对图像进行校正,目前多用于监控系统。

[0003] 现有的相机标定方法分为传统标定方法和自主标定方法。目前多采用张正友相机模型和畸变模型,来进行相机内外参和畸变标定。但仍然面临一些需要解决的问题:

[0004] 一方面,现有张正友标定方法的畸变模型,对于广角相机或者广角镜头的广角方向,其畸变校正精度仍然存在一定的误差,所以现有的立体视觉多考虑无畸变的 90° ,或者更小角度的相机进行,有效三角测量角度范围受到相机角度的限制较大。因此设计一个广角相机畸变校正算法是十分有必要的。

[0005] 另一方面,对于某些特殊场景(大角度),作为广角相机,不需要消耗额外的系统资源来做标准相机的拼接。因为对于实时拼接而言,在线计算拼接每次拼接之前,都需要计算特征点,匹配,滤波,计算矩阵需要占用较多的系统资源;而离线计算拼接矩阵,则又涉及到相机抖动之后,产生有较大的,无法预测的拼接误差。处理好广角相机的广角方向上的畸变,广角相机所具有的优势能更好的体现出来。

[0006] 其次,对于不规则的图像畸变或不对称的畸变,使用张正友标定方法无法得到解决。

[0007] 最后,原有的TPS(薄板样条插值)算法进行畸变校正,由于受控制点的影响,对于边沿(最外层控制点之外的区域),会存在较大的未处理的畸变,从而影响可视性。

[0008] 而本文的改进TPS(薄板样条插值)算法能够改进这种边沿畸变的可读性,增加广角方向上的畸变校正精度和有效范围,并且能够处理一些不规则和非对称畸变。

发明内容

[0009] 有鉴于此,本发明的目的在于改进广角相机以及非规则畸变的校正问题,提高广角相机广角方向的校正精度,以及成像的边沿区域可视性,提供一种广角相机非规则畸变

全域校正方法。

[0010] 为达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0011] 一种广角相机非规则畸变全域校正方法,包括以下步骤:

[0012] S1:图片采集:对采集的图像作辅助线,并实时显示,将辅助线对齐棋盘格中心区域,拍摄照片;

[0013] S2:角点检测:①使用Prewitt算子计算出两个方向的梯度,并计算图片梯度的方向和幅值;②归一化梯度方向,初始化角点模板,使用角点模板对原图片进行滤波处理,获得初始角点;③并对得到角点进行非极大值抑制;④对角点进行亚像素化;⑤剔除边沿点和角点评分低于阈值的角点;

[0014] S3:棋盘格检测:对检测到的角点,通过生长法检测出棋盘格;①与图像最中心点的欧氏距离从近到远循环每一个角点;②初始化一个棋盘格,通过寻找该点周围八个方向上的匹配点作为初始棋盘格;③通过向上下左右四个方向上生长,计算生长后棋盘格的能量,当能量函数小于阈值时,生长成功;④进行棋盘格方向校正,重复部分全部通过,则进行拼接,得到新的棋盘格;

[0015] S4:数据初始化:检测中心区域的棋盘格,并以中心点为基准,图像左上角为像素坐标系原点,向右为u轴正方向,向下为v轴正方向;根据检测到的棋盘格,初始化期望棋盘格的位置数据;

[0016] S5:拟合曲面:使用改进后的TPS方法拟合出插值曲面;

[0017] S6:生成插值地图:使用得到的插值曲面,获取插值地图;

[0018] S7:实时畸变校正:载入插值地图,实时采集图片,并使用反向二插值,进行实时进行畸变校正。

[0019] 进一步,步骤S2中,通过下列公式进行棋盘内角点匹配:

$$[0020] \quad c = \max(s_1^1, s_2^1, s_1^2, s_2^2)$$

$$[0021] \quad s_1^i = \min(\min(f_A^i, f_B^i) - \mu, \mu - \min(f_C^i, f_D^i))$$

$$[0022] \quad s_2^i = \min(\mu - \min(f_A^i, f_B^i), \min(f_C^i, f_D^i) - \mu)$$

$$[0023] \quad \mu = \frac{1}{4}(f_A^i + f_B^i + f_C^i + f_D^i)$$

[0024] 其中, s_1^i 和 s_2^i 表示i的两种可能性(黑白棋盘格调换); $f_{(A,B,C,D)}^i$ 表示图像在i大小的(A,B,C,D)四类核(四类模板)的卷积值。

[0025] 亚像素角和方向细化:对检测出的内角点,去除边沿点和低得分点。然后亚像素化角点,即寻找满足下式的c值:

$$[0026] \quad c = \arg \min_{c'} \sum_{P \in N_I(c')} (g_P^T(P - c'))^2$$

[0027] 其中, N_I 表示像素周围11x11的候选像素; $g_P^T(P - c')$ 表示P点与周围的候选像素的梯度差。

[0028] 进一步,步骤S3中棋盘格生长方法包括:恢复结构,即优化能量函数,生长棋盘格:初始化6个点构成4个方格的棋盘格,然后通过寻找四个方向中能量最小的方向生长棋盘,

直到没有新的棋盘格阵列,其中棋盘能量定义为:

$$[0029] \quad E(x, y) = E_{\text{corners}}(y) + E_{\text{struct}}(x, y)$$

$$[0030] \quad E_{\text{corners}}(y) = -\text{size}(\text{chessboard}, 1) * \text{size}(\text{chessboard}, 2)$$

$$[0031] \quad E_{\text{struct}}(x, y) = \max_{i, j, k \in T} \frac{\|c_i + c_k - sc_j\|_2}{\|c_i - c_k\|_2}$$

[0032] 其中, E_{corners} 表示当前棋盘格中角点的个数的负值, $\text{size}(\text{chessboard}, 1)$ 表示棋盘格的高, $\text{size}(\text{chessboard}, 2)$ 表示棋盘格的宽, E_{struct} 表示预测和实际棋盘的匹配程度, $c_{i, j, k}$ 表示三个相邻的纵横棋盘格点; 当四个方向上的总能量都大于零时结束生长。

[0033] 进一步, 步骤S3中的棋盘格方向校正包括: 重复部分全部通过, 则进行拼接, 得到新的棋盘格。首先进行棋盘格方向校正, 如下列公式所示:

$$[0034] \quad \text{acha}(i) = P_a(i+1) - P_a(i), i = 1 \cdots n-1$$

$$[0035] \quad \text{direction.ab} = \text{direction.a} - \text{direction.b}$$

$$[0036] \quad C_b^a = \text{rot}90(C_b, \text{direction.ab})$$

[0037] 其中, $P_a(i)$ 表示两个棋盘的相同点在棋盘a的位置; direction.a 表示棋盘a的相对角度(可以在表格1中查到, □: a或者b, *: 任意取值); direction.ab 表示棋盘格b相对于棋盘a的角度; C_b 表示棋盘b; C_b^a 表示校正方向后的棋盘b。

[0038] 然后, 通过匹配来进行棋盘格的扩张:

$$[0039] \quad C(m + \max(a_1, b_1) - a_1, n + \max(a_2, b_2) - a_2) = a(m, n)$$

$$[0040] \quad C(m + \max(a_1, b_1) - b_1, n + \max(a_2, b_2) - b_2) = b(m, n)$$

[0041] 其中, $(a_1, a_2) = (p_a(1).x, p_a(1).y)$, 表示两个棋盘第一个相同点在棋盘a的位置。 $(b_1, b_2) = (p_b(1).x, p_b(1).y)$, 表示两个棋盘第一个相同点在棋盘b的位置。C表示匹配后的棋盘格。

[0042] 进一步, 步骤S5中的TPS算法包括: 当径向函数为二次的时候被称为薄板样条插值, 是一种求取经过所有数据点的, 具有最小曲率的平滑金属薄板的方法;

[0043] 在数据具有二次连续导数的前提下, 具有能量函数为:

$$[0044] \quad E = \iint_{R^2} \left[\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right)^2 \right] dx dy$$

[0045] 对于具体的离散的数据点, 其最小能量函数为:

$$[0046] \quad f(x, y) = a_0 + x + x[a_1 r^2 + a_2 r^4] + \sum_{i=1}^n w_i U(|P_i| - (x, y))$$

[0047] 该能量函数包含两部分, 仿射部分 $a_0 + x + x[a_1 r^2 + a_2 r^4]$, 表示无穷远处的薄板的曲面趋势, 剩余离散部分, 弯曲数据点附近的曲面, 以使其通过该数据点。| • | 表示欧几里德范数, c_i 是系数, U为TPS的核函数, 表达式为

$$[0048] \quad U(r) = r^2 \log(r), r^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2$$

[0049] 通过对函数中的参数的计算, 得到拟合后的曲面。

[0050] 进一步, 步骤S7中的实时校正中的运用插值地图, 进行畸变校正, 使用反向双线性插值算法进行畸变校正, 寻找已知权重的四个点中间的任意一点的权重;

[0051] 然后在x方向进行线性插值,得到

$$[0052] \quad f(x, y_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_1) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_1)$$

$$[0053] \quad f(x, y_2) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_2) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_2)$$

[0054] 然后在y方向进行线性插值,得到

$$[0055] \quad f(x, y) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(x, y_2) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(x, y_1)$$

[0056] 综合起来就是双线性插值最后的结果:

$$[0057] \quad f(x, y) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} \left(\frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_2) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_2) \right) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \left(\frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_1) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_1) \right)$$

[0058] 本发明的有益效果在于:本发明的改进TPS(薄板样条插值)算法能够改进边沿畸变的可读性,增加广角方向上的畸变校正精度和有效范围,并且能够处理一些不规则和非对称畸变。

附图说明

[0059] 为了使本发明的目的、技术方案和有益效果更加清楚,本发明提供如下附图进行说明:

[0060] 图1为初始棋盘格的8个基本模型图;

[0061] 图2为使用反向双线性插值算法进行畸变校正示意图;

[0062] 图3为本发明所述广角相机非规则畸变全域校正方法流程示意图;

[0063] 图4为图像采集实时显示图;

[0064] 图5为拟合曲面图(从上到下依次为:u的拟合曲面、v的拟合曲面);

[0065] 图6为算法比较图(从上到下依次为:opencv、TPS、改进TPS)。

具体实施方式

[0066] 下面将结合附图,对本发明的优选实施例进行详细的描述。

[0067] TPS(薄板样条插值)是一种最小曲率插值方法,该函数分为两部分:基函数和趋势函数。基函数也是离散部分,通过对每个数据点附近的曲面进行弯曲拉伸,使其通过数据点,并使其能量函数最小;趋势函数也是仿射部分,根据所有数据点拟合的一个平面,反映数据点外的薄板的曲面趋势。通过对函数中的参数的计算,得到拟合后的曲面。

$$[0068] \quad f(x, y) = \underbrace{a_0 + a_x x + a_y y}_{\text{趋势函数}} + \underbrace{\sum_{i=1}^n w_i U(|P_i| - (x, y))}_{\text{基函数}}$$

[0069] 其中, $|\cdot|$ 表示欧几里德范数, c_i 是系数, U 为TPS的核函数

[0070] 改进TPS(薄板样条插值)函数的趋势函数部分,提高畸变校正后的图像的边沿的

可读性。改进后的趋势函数如下：

$$[0071] \quad f(x, y)_{\text{趋势函数}} = a_0 + x + x[a_1 r^2 + a_2 r^4]$$

[0072] 其中, r^2 为欧氏距离的平方。

[0073] 如图1所示, 一种广角相机非规则畸变全域校正方法, 包括以下步骤:

[0074] S1: 图片采集: 对采集的图像作辅助线, 并实时显示, 将辅助线对齐棋盘格中心区域, 拍摄照片, 如图2;

[0075] S2: 角点检测: ①使用Prewitt算子计算出两个方向的梯度, 并计算图片梯度的方向和幅值; ②归一化梯度方向到 $[0, \pi]$, 初始化角点模板, 使用角点模板对原图片进行滤波处理, 获得初始角点; ③并对得到角点进行非极大值抑制 (阈值 = 0.045); ④对角点进行亚像素化, 使角点更加准确。⑤剔除边沿点 (非角点) 和角点评分低于阈值的角点;

[0076] S3: 棋盘格检测: 对检测到的角点, 通过生长法检测出棋盘格: ①与图像最中心点的欧氏距离从近到远循环每一个角点。②初始化一个 3×3 的棋盘格, 通过寻找该点周围8个方向上的匹配点作为初始棋盘格。③通过向上下左右四个方向上生长, 计算生长后棋盘格的能量, 当能量函数小于阈值时, 生长成功。④进行棋盘格方向校正, 重复部分全部通过, 则进行拼接, 得到新的棋盘格;

[0077] S4: 数据初始化: 检测中心区域的棋盘格, 并以中心点为基准, 图像左上角为像素坐标系原点, 向右为 u 轴正方向, 向下为 v 轴正方向; 根据检测到的棋盘格, 初始化期望棋盘格的位置数据;

[0078] S5: 拟合曲面: 使用改进后的TPS (薄板样条插值) 方法拟合出插值曲面, 如图3, 从上到下依次为: u 的拟合曲面、 v 的拟合曲面;

[0079] S6: 生成插值地图: 使用得到的插值曲面, 获取插值地图;

[0080] S7: 实时畸变校正: 载入插值地图, 实时采集图片, 并使用反向二插值, 并实时进行畸变映射校正。

[0081] 进一步, 步骤S2中的角点检测, 初始棋盘格的8个基本模型如下图4所示。将原来的三种尺度 (4、8、16) 增加为四种尺度 (根据图像中的棋盘格像素大小进行修改, 当前增加了尺度30);

[0082] 通过下列公式进行棋盘内角点匹配:

$$[0083] \quad c = \max(s_1^1, s_2^1, s_1^2, s_2^2)$$

$$[0084] \quad s_1^i = \min(\min(f_A^i, f_B^i) - \mu, \mu - \min(f_C^i, f_D^i))$$

$$[0085] \quad s_2^i = \min(\mu - \min(f_A^i, f_B^i), \min(f_C^i, f_D^i) - \mu)$$

$$[0086] \quad \mu = \frac{1}{4}(f_A^i + f_B^i + f_C^i + f_D^i)$$

[0087] 其中, s_1^i 和 s_2^i 表示 i 的两种可能性 (黑白棋盘格调换); $f_{(A,B,C,D)}^i$ 表示图像在 i 大小的 (A, B, C, D) 四类核 (四类模板) 的卷积值。

[0088] 亚像素角和方向细化: 对检测出的内角点, 去除边沿点和低得分点。然后亚像素化角点, 即寻找满足下式的 c 值:

$$[0089] \quad c = \arg \min_{c'} \sum_{P \in N_i(c')} (g_P^T (P - c'))^2$$

[0090] 其中, N_I 表示像素周围11x11的候选像素; $g_p^T(P-c')$ 表示P点与周围的候选像素的梯度差。

[0091] 进一步,步骤S3中棋盘格生长方法包括:恢复结构,即优化能量函数,生长棋盘格:初始化6个点构成4个方格的棋盘格,然后通过寻找四个方向中能量最小的方向生长棋盘,直到没有新的棋盘格阵列,其中棋盘能量定义为:

$$[0092] \quad E(x, y) = E_{\text{corners}}(y) + E_{\text{struct}}(x, y)$$

$$[0093] \quad E_{\text{corners}}(y) = -\text{size}(\text{chessboard}, 1) * \text{size}(\text{chessboard}, 2)$$

$$[0094] \quad E_{\text{struct}}(x, y) = \max_{i, j, k \in T} \frac{\|c_i + c_k - sc_j\|_2}{\|c_i - c_k\|_2}$$

[0095] 其中, E_{corners} 表示当前棋盘格中角点的个数的负值, $\text{size}(\text{chessboard}, 1)$ 表示棋盘格的高, $\text{size}(\text{chessboard}, 2)$ 表示棋盘格的宽, E_{struct} 表示预测和实际棋盘的匹配程度, c_i, j, k 表示三个相邻的纵横棋盘格点;当四个方向上的总能量都大于零时结束生长。

[0096] 进一步,步骤S3中的棋盘格方向校正包括:重复部分全部通过,则进行拼接,得到新的棋盘格。首先进行棋盘格方向校正,如下列公式所示:

$$[0097] \quad \text{acha}(i) = P_a(i+1) - P_a(i), i = 1 \cdots n-1$$

$$[0098] \quad \text{direction.ab} = \text{direction.a} - \text{direction.b}$$

$$[0099] \quad C_b^a = \text{rot90}(C_b, \text{direction.ab})$$

[0100] 其中, $P_a(i)$ 表示两个棋盘的相同点在棋盘a的位置; direction.a 表示棋盘a的相对角度(可以在表格1中查到, □: a或者b, *: 任意取值); direction.ab 表示棋盘格b相对于棋盘a的角度; C_b 表示棋盘b; C_b^a 表示校正方向后的棋盘b。

[0101] 表格1相对角度查值表

[0102]

□cha.x	□cha.y	direction.□
1	*	0
*	1	1
-1	*	2
*	-1	3

[0103] 然后,通过匹配来进行棋盘格的扩张:

$$[0104] \quad C(m + \max(a_1, b_1) - a_1, n + \max(a_2, b_2) - a_2) = a(m, n)$$

$$[0105] \quad C(m + \max(a_1, b_1) - b_1, n + \max(a_2, b_2) - b_2) = b(m, n)$$

[0106] 其中, $(a_1, a_2) = (p_a(1).x, p_a(1).y)$,表示两个棋盘第一个相同点在棋盘a的位置。 $(b_1, b_2) = (p_b(1).x, p_b(1).y)$,表示两个棋盘第一个相同点在棋盘b的位置。C表示匹配后的棋盘格。

[0107] 进一步,步骤S5中的TPS(Thin Plate Splines)算法包括:当径向函数为二次的时候被称为薄板样条插值,是一种求取经过所有数据点的,具有最小曲率的平滑金属薄板的方法;

[0108] 在数据具有二次连续导数的前提下,具有能量函数为:

$$[0109] \quad E = \iint_{R^2} \left[\left(\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right)^2 \right] dx dy$$

[0110] 对于具体的离散的数据点,其最小能量函数为:

$$[0111] \quad f(x, y) = a_0 + x + x[a_1 r^2 + a_2 r^4] + \sum_{i=1}^n w_i U(|P_i| - (x, y))$$

[0112] 该能量函数包含两部分,仿射部分 $a_0 + x + x[a_1 r^2 + a_2 r^4]$,表示无穷远处的薄板的曲面趋势,剩余离散部分,弯曲数据点附近的曲面,以使其通过该数据点。 $|\cdot|$ 表示欧几里德范数, c_i 是系数, U 为TPS的核函数,表达式为

$$[0113] \quad U(r) = r^2 \log(r), r^2 = (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2$$

[0114] 通过对函数中的参数的计算,得到拟合后的曲面。

[0115] 进一步,步骤S7中的实时校正中的运用插值地图,进行畸变校正,使用反向双线性插值算法进行畸变校正,如图5所示,寻找已知权重的四个点中间的任意一点的权重;

[0116] 然后在x方向进行线性插值,得到

$$[0117] \quad f(x, y_1) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_2) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_2)$$

$$[0118] \quad f(x, y_2) \approx \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_1) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_1)$$

[0119] 然后在y方向进行线性插值,得到

$$[0120] \quad f(x, y) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} f(x, y_2) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} f(x, y_1)$$

[0121] 综合起来就是双线性插值最后的结果:

$$[0122] \quad f(x, y) \approx \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} \left(\frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_2) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_2) \right) + \frac{y - y_1}{y_2 - y_1} \left(\frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} f(x_2, y_1) + \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} f(x_1, y_1) \right)$$

[0123] 最终结果如图6,在图中从上到下依次为:opencv、TPS、改进TPS。

[0124] 最后说明的是,以上优选实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管通过上述优选实施例已经对本发明进行了详细的描述,但本领域技术人员应当理解,可以在形式上和细节上对其作出各种各样的改变,而不偏离本发明权利要求书所限定的范围。

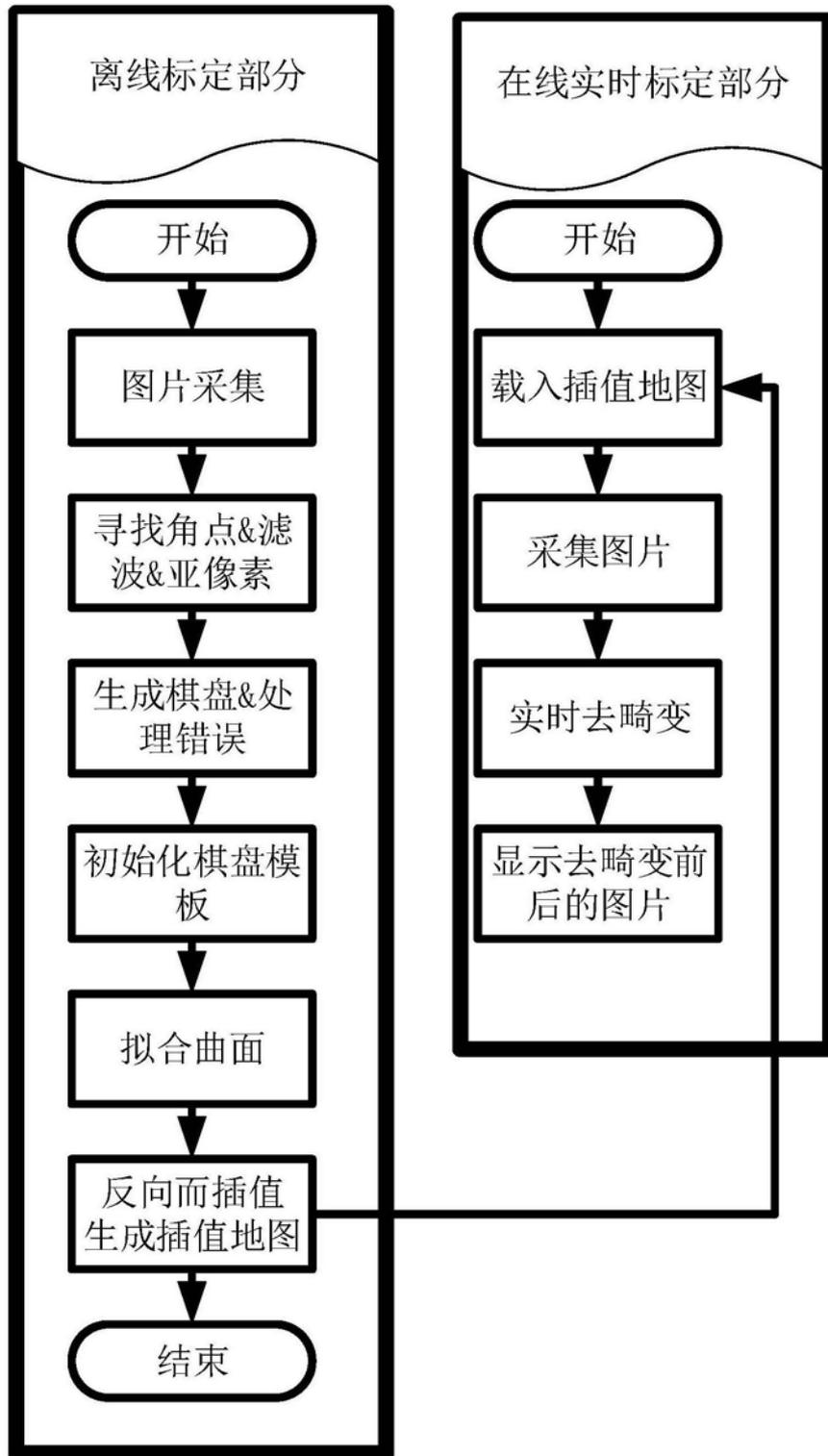


图1

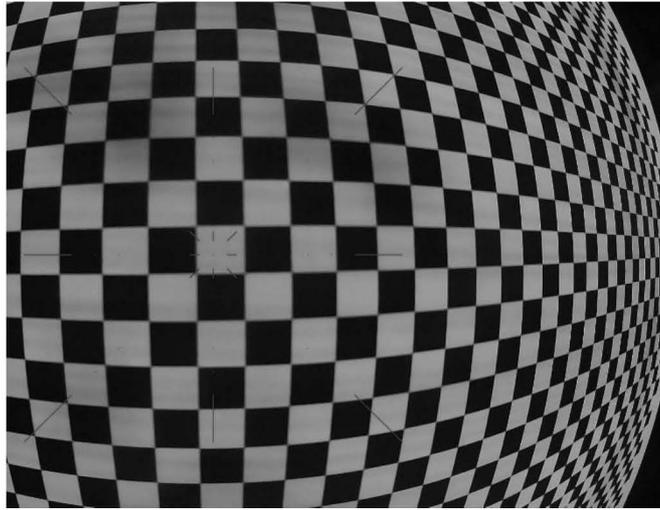


图2

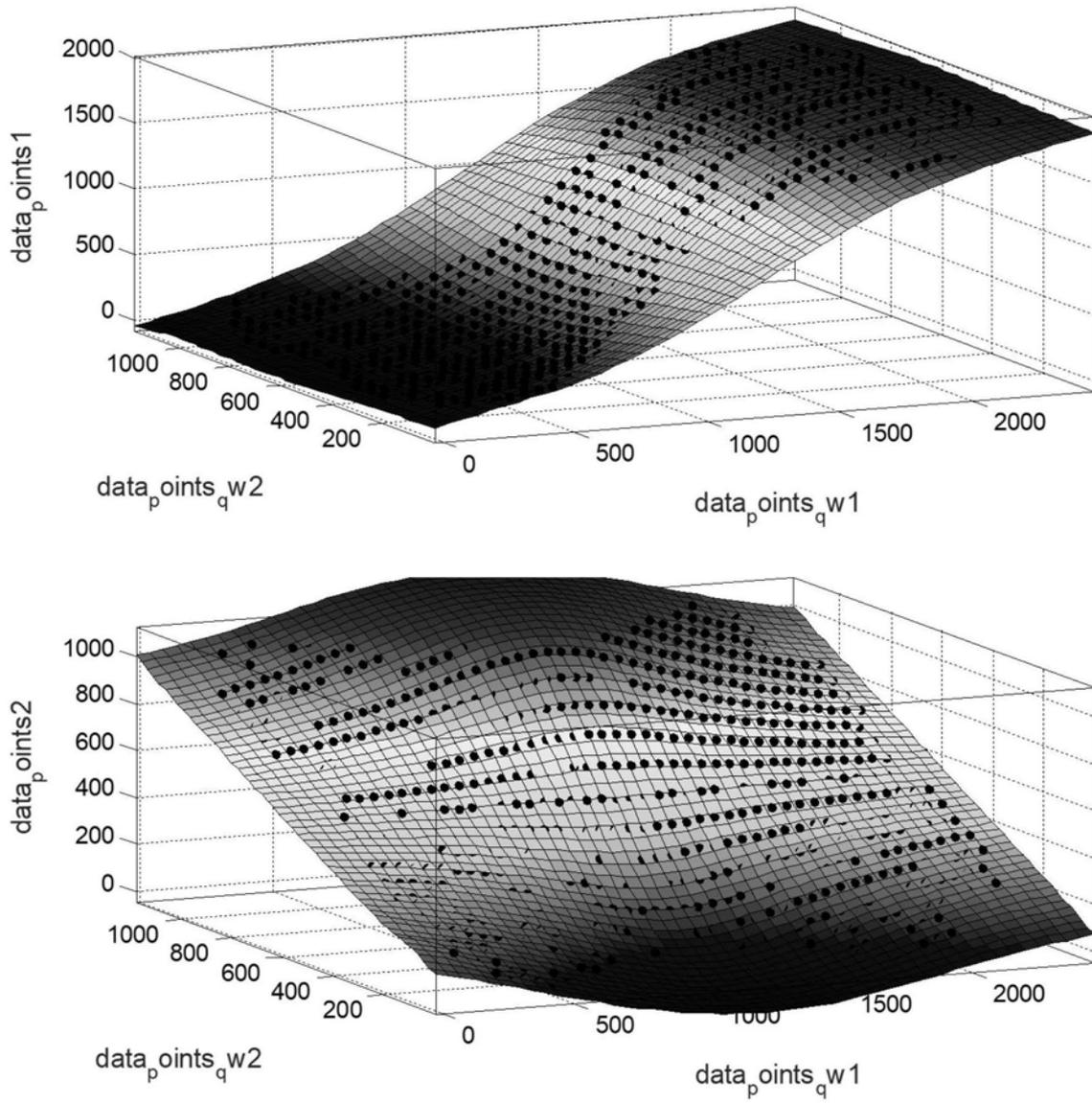


图3



图4

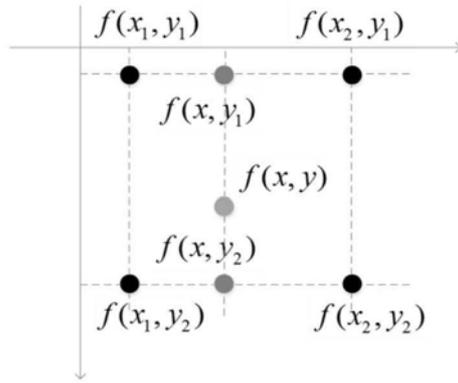
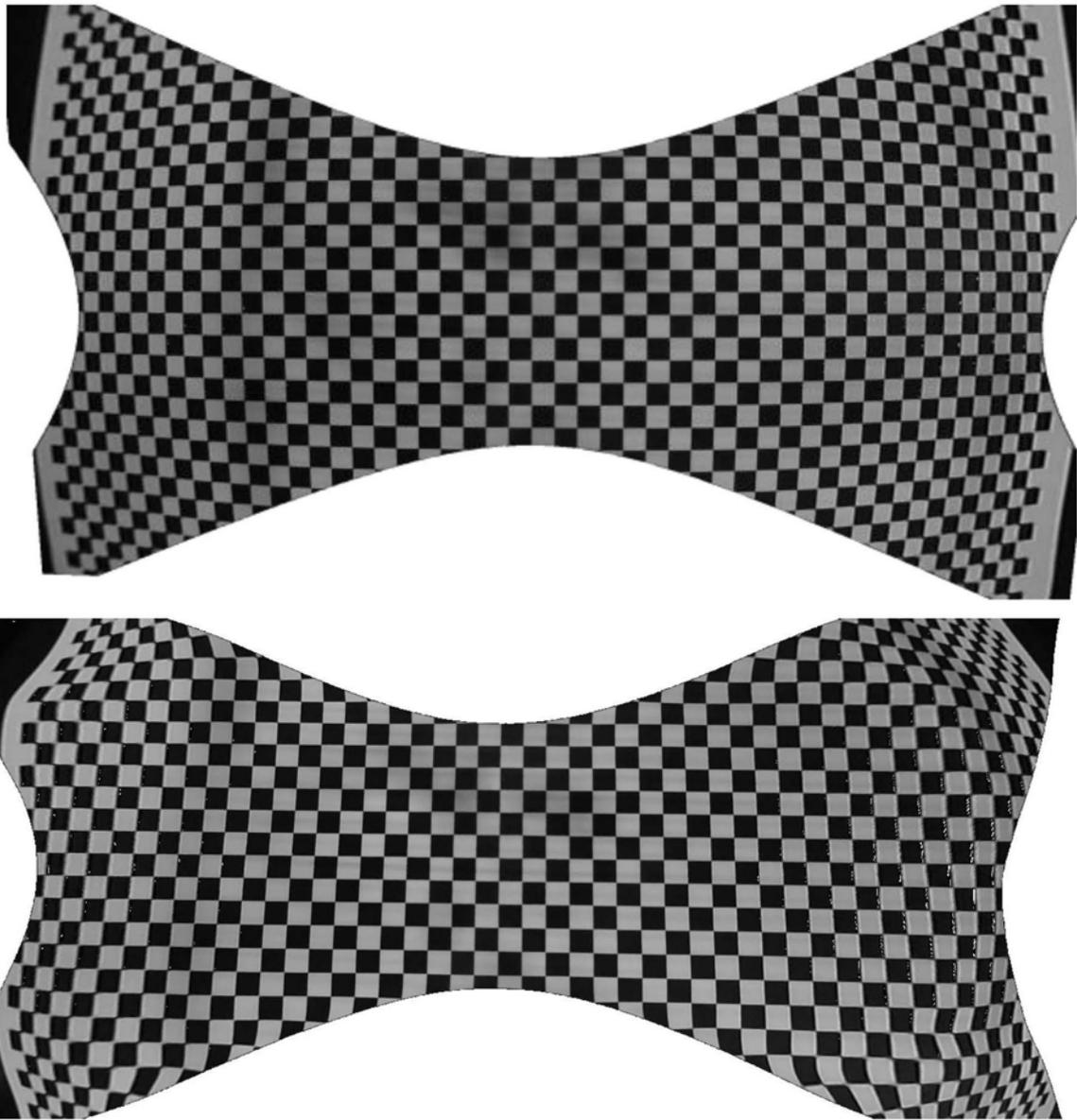


图5



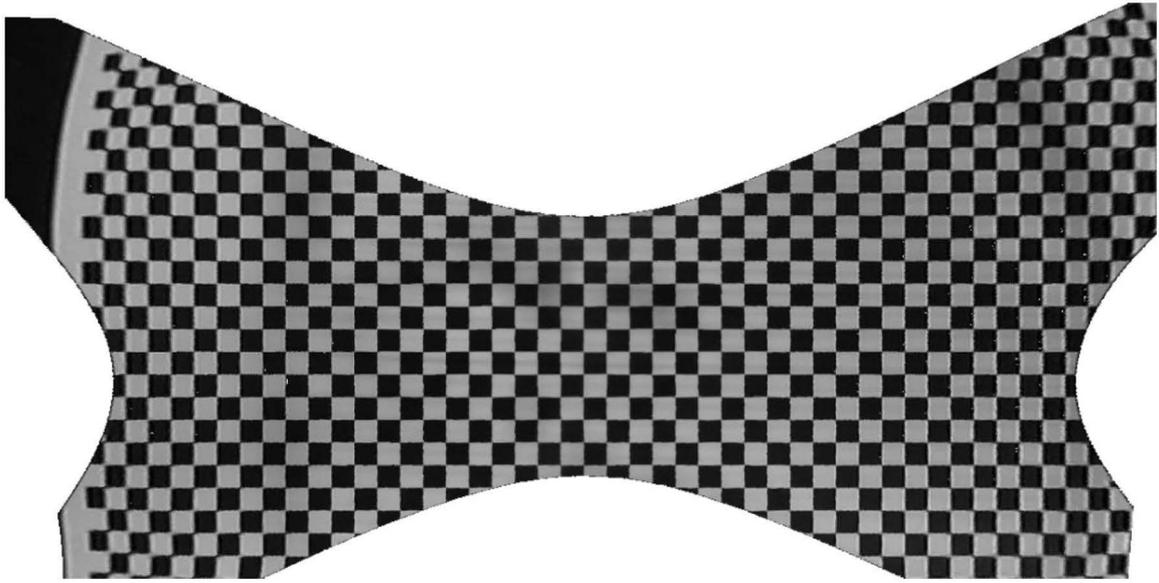


图6