



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112348871 B

(45) 授权公告日 2023.02.10

(21) 申请号 202011279580.4

CN 103646396 A,2014.03.19

(22) 申请日 2020.11.16

CN 103996201 A,2014.08.20

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 108682026 A,2018.10.19

申请公布号 CN 112348871 A

CN 105513064 A,2016.04.20

(43) 申请公布日 2021.02.09

CN 110148181 A,2019.08.20

(73) 专利权人 长安大学

CN 106228605 A,2016.12.14

地址 710064 陕西省西安市南二环中段33号

US 2017083787 A1,2017.03.23

KR 101714896 B1,2017.03.23

CN 108010075 A,2018.05.08

(72) 发明人 荆树旭 翟晓惠 柳有权 卢鹏宇 刘佳玲

Puxia Han等.Fusion of texture, color and gradient information for stereo matching cost computation.《2017 2nd International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)》.2017,

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所 61213 专利代理师 卫苏晶

欧永东等.基于改进Census变换的多特性立体匹配算法.《计算机工程与科学》.2020,

(51) Int.Cl.

G06T 7/55 (2017.01)

审查员 李志研

(56) 对比文件

CN 107133924 A,2017.09.05

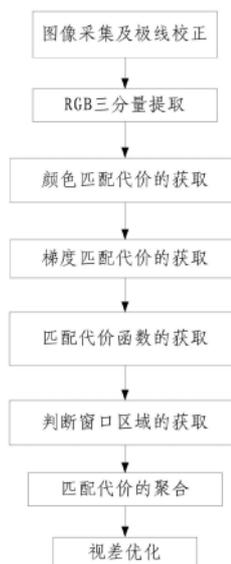
权利要求书7页 说明书16页 附图3页

(54) 发明名称

一种局部立体匹配方法

(57) 摘要

本发明公开了一种局部立体匹配方法,该方法包括以下步骤:一、图像采集及极线校正;二、RGB三分量提取;三、颜色匹配代价的获取;四、梯度匹配代价的获取;五、匹配代价函数的获取;六、判断窗口区域的获取;七、匹配代价的聚合;八、视差优化。本发明方法步骤简单,基于彩色图像进行局部匹配,有效地利用彩色图像的颜色信息,不仅提高了立体匹配的准确度,而且对视差图进行优化,提高了视差图的准确度,便于视差图后续的深度信息分析。



1. 一种局部立体匹配方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤一、图像采集及极线校正:

步骤101、双目相机包括左相机和右相机,左相机获取左图像并发送至计算机,同时,右相机获取右图像并发送至计算机,计算机得到左图像和右图像;

步骤102、计算机采用极线校正算法分别对左图像和右图像进行极线校正,得到左校正图像和右校正图像;其中,左校正图像 $I^L$ 和右校正图像 $I^R$ 均为彩色图像,且左校正图像 $I^L$ 和右校正图像 $I^R$ 的行数均为 $n$ ,左校正图像 $I^L$ 和右校正图像 $I^R$ 的列数均为 $m$ ;

步骤103、计算机将左校正图像中各个像素点按照从左到右从上到下的顺序排序,得到 $I$ 个像素点;且 $I=n \times m$ ;其中, $n$ 、 $m$ 和 $I$ 均为正整数;

计算机将右校正图像中各个像素点按照从左到右从上到下的顺序排序,得到 $I$ 个像素点;

步骤104、以图像左上角为原点 $o$ ,过原点 $o$ 且沿图像的行方向为图像的 $u$ 轴,过原点 $o$ 且沿图像的列方向为图像的 $v$ 轴,得到像素坐标系 $ouv$ ;

步骤二、RGB三分量提取:

采用计算机调取RGB分量提取模块,从左校正图像和右校正图像分别提取R分量、G分量和B分量,得到左校正图像的R分量二维矩阵、左校正图像的G分量二维矩阵和左校正图像的B分量二维矩阵,以及右校正图像的R分量二维矩阵、右校正图像的G分量二维矩阵和右校正图像的B分量二维矩阵;

步骤三、颜色匹配代价的获取:

步骤301、以左校正图像为基准,从右校正图像中进行判断,设定左校正图像 $I^L$ 中拍摄区域对应点的左像素点记作第 $i$ 个左像素点,且第 $i$ 个左像素点在像素坐标系 $ouv$ 中的坐标记作第 $i$ 个左像素点的坐标 $(u_i^l, v_i^l)$ ;

设定右校正图像 $I^R$ 中拍摄区域对应点的右像素点记作第 $j$ 个右像素点,且第 $j$ 个右像素点在像素坐标系 $ouv$ 中的坐标记作为第 $j$ 个右像素点的坐标 $(u_j^r, v_j^r)$ ,且 $v_i^l = v_j^r$ ;其中, $1 \leq i \leq I$ , $1 \leq j \leq I$ , $i$ 和 $j$ 均为正整数;

步骤302、左校正图像和右校正图像中,设定 $|u_i^l - u_j^r| = d_a$ ,其中, $a$ 为自然数,当 $a=0$ 时,初始视差值设定值 $d_0$ 为零;当 $a \geq 1$ 时, $d_a = d_{a-1} + 1$ , $d_a$ 表示第 $a$ 个视差设定值, $d_{a-1}$ 表示第 $a-1$ 个视差设定值;

步骤303、计算机根据左校正图像的R分量二维矩阵、左校正图像的G分量二维矩阵和左校正图像的B分量二维矩阵,得到左校正图像中R分量的比例系数 $K_{R^l}$ 、左校正图像中G分量的比例系数 $K_{G^l}$ 和左校正图像中B分量的比例系数 $K_{B^l}$ ;

步骤304、计算机根据公式 $C_{(i,d_a)}^R = K_{R^l} |R_i^l - R_j^r|$ ,得到第 $i$ 个左像素点在视差为 $d_a$ 时的R分量绝对值差;计算机根据公式 $C_{(i,d_a)}^G = K_{G^l} |G_i^l - G_j^r|$ ,得到第 $i$ 个左像素点在视差为 $d_a$ 时的G分量绝对值差;计算机根据公式 $C_{(i,d_a)}^B = K_{B^l} |B_i^l - B_j^r|$ ,得到第 $i$ 个左像素点在视差为 $d_a$ 时的B分量绝对值差;其中, $R_i^l$ 表示第 $i$ 个左像素点的R分量, $G_i^l$ 表示第 $i$ 个左像素点的G分量, $B_i^l$ 表示

第*i*个左像素点的B分量； $R_j^r$ 表示第*j*个右像素点的R分量， $G_j^r$ 表示第*j*个右像素点的G分量， $B_j^r$ 表示第*j*个右像素点的B分量；

步骤305、计算机根据公式 $D_{(i,d_a)} = w_1 C_{(i,d_a)}^R + w_2 C_{(i,d_a)}^G + w_3 C_{(i,d_a)}^B$ ，得到第*i*个左像素点在视差为 $d_a$ 时的颜色代价 $D_{(i,d_a)}$ ；其中， $w_1$ 表示第一加权系数， $w_2$ 表示第二加权系数， $w_3$ 表示第三加权系数；

步骤四、梯度匹配代价的获取：

步骤401、计算机对左校正图像和右校正图像进行灰度化处理，得到左灰度图像和右灰度图像；

步骤402、设定左灰度图像中拍摄区域对应点的第*i*个像素点记作第*i*个左灰度像素点，且第*i*个左灰度像素点在像素坐标系ouv中的坐标记作第*i*个左灰度像素点的坐标 $(u_i^l, v_i^l)$ ；

设定右灰度图像中拍摄区域对应点的第*j*个像素点记作第*j*个右灰度像素点，且第*j*个右灰度像素点在像素坐标系ouv中的坐标记作为第*j*个右灰度像素点的坐标 $(u_j^r, v_j^r)$ ，且 $v_i^l = v_j^r$ ；

步骤403、左灰度图像和右灰度图像中，设定 $|u_i^l - u_j^r| = d_a$ ，其中， $a$ 为自然数，当 $a=0$ 时，初始视差值设定值 $d_0$ 为零；当 $a \geq 1$ 时， $d_a = d_{a-1} + 1$ ， $d_a$ 表示第*a*个视差设定值， $d_{a-1}$ 表示第*a-1*个视差设定值；

步骤404、当 $1 \leq u_i^l \leq m-1$ 时，计算机根据公式

$d_{u,i}^l = \text{Gray}(u_i^l + 1, v_i^l) - \text{Gray}(u_i^l, v_i^l)$ ，得到左灰度图像中第*i*个左灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,i}^l$ ；其中， $\text{Gray}(u_i^l + 1, v_i^l)$ 表示左灰度图像中 $(u_i^l + 1, v_i^l)$ 坐标处的像素点的灰度值， $\text{Gray}(u_i^l, v_i^l)$ 表示第*i*个左灰度像素点的灰度值；

当 $u_i^l = m$ 时，计算机根据公式 $d_{u,i}^l = \text{Gray}(u_i^l, v_i^l) - \text{Gray}(u_i^l - 1, v_i^l)$ ，得到左灰度图像中第*i*个左灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,i}^l$ ；其中， $\text{Gray}(u_i^l - 1, v_i^l)$ 表示左灰度图像中 $(u_i^l - 1, v_i^l)$ 坐标处的像素点的灰度值，

当 $1 \leq u_j^r \leq m-1$ 时，计算机根据公式 $d_{u,j}^r = \text{Gray}(u_j^r + 1, v_j^r) - \text{Gray}(u_j^r, v_j^r)$ ，得到右灰度图像中第*j*个右灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,j}^r$ ；其中， $\text{Gray}(u_j^r + 1, v_j^r)$ 表示右灰度图像中 $(u_j^r + 1, v_j^r)$ 坐标处的像素点的灰度值， $\text{Gray}(u_j^r, v_j^r)$ 表示第*j*个右灰度像素点的灰度值；

当 $u_j^r = m$ 时，计算机根据公式 $d_{u,j}^r = \text{Gray}(u_j^r, v_j^r) - \text{Gray}(u_j^r - 1, v_j^r)$ ，得到右灰度图像中第*j*个右灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,j}^r$ ；其中， $\text{Gray}(u_j^r - 1, v_j^r)$ 表示右灰度图像中 $(u_j^r - 1, v_j^r)$ 坐标处的像素点的灰度值；

步骤405、计算机根据公式 $G_{(i,d_a)}^u = |d_{u,i}^l - d_{u,j}^r|$ ，得到第*i*个左像素点在视差为 $d_a$ 时u方向的

灰度梯度差值  $G_{(i,d_a)}^u$ ;

步骤五、匹配代价函数的获取:

计算机建立第  $i$  个左像素点在视差为  $d_a$  时的匹配代价函数,如下式:

$$P_{(i,d_a)} = \alpha \min(D_{(i,d_a)}, \tau_D) + (1-\alpha) \min(G_{(i,d_a)}^u, \tau_G);$$

其中,  $\alpha$  表示平衡颜色和梯度的因子,  $\tau_D$  表示颜色阈值,  $\tau_G$  表示梯度阈值,  $\min(\cdot)$  表示取最小值;

步骤六、判断窗口区域的获取:

步骤601、左校正图像中,当对第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  进行正上方遍历时,具体过程如下:

步骤6011、如果第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  位于图像边界,则停止正上方遍历,得到第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上遍历的最大像素个数  $L_s = 0$ ; 如果第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  不位于图像边界,执行步骤6012;

步骤6012、对第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上方的第  $f_s$  个待遍历像素点  $(u_i^l - f_s, v_i^l)$  进行判断,判断  $|R_i^l - R_i^{l f_s}| \leq \tau_a$  是否成立,如果  $|R_i^l - R_i^{l f_s}| \leq \tau_a$  成立,执行步骤6013和步骤6014; 否则,执行步骤6015; 其中,  $R_i^{l f_s}$  表示第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上方的第  $f_s$  个待遍历像素点的R分量,  $f_s$  为正整数,  $\tau_a$  表示判断阈值;

步骤6013、如果第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上方的第  $f_s$  个待遍历像素点位于图像边界,停止正上方遍历,则第  $f_s$  个待遍历像素点和第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  之间的像素个数为第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上遍历的最大像素个数  $L_s$ ;

步骤6014、如果第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上方的第  $f_s$  个待遍历像素点不位于图像边界,按照步骤6012所述的方法对第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上方的下一个待遍历像素点进行判断;

步骤6015、如果  $|R_i^l - R_i^{l f_s}| \leq \tau_a$  不成立,停止正上方遍历,则第  $f_s - 1$  个待遍历像素点和第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  之间的像素个数为第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上遍历的最大像素个数  $L_s$ ;

步骤602、按照步骤6011所述的方法,对第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  进行正下方遍历,得到第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正下方遍历的最大像素个数  $L_x$ ;

步骤603、按照步骤6011所述的方法,对第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  进行正左方遍历,得到第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正左方遍历的最大像素个数  $L_z$ ;

步骤604、按照步骤6011所述的方法,对第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  进行正右方遍历,得到第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正右方遍历的最大像素个数  $L_y$ ;

步骤605、左校正图像  $I^L$  中第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上方遍历的最大像素个数  $L_s$ 、第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正下方遍历的最大像素个数  $L_x$ 、第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正左方遍历的最大像素个数  $L_z$  和第  $i$  个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正右方遍历的最大像素个数  $L_y$  围设的区域为第  $i$  个左像素

点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域;

步骤七、匹配代价的聚合:

步骤701、采用计算机获取第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中的像素总数量并记作R,采用计算机获取第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中各个像素的灰度值;

步骤702、采用计算机调取均值处理模块,并输入第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中的像素总数量R和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中各个像素的灰度值,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的像素均值并记作 $\mu_i$ ;

采用计算机调取方差处理模块,并输入第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中的像素总数量R、第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中各个像素的灰度值和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的像素均值 $\mu_i$ ,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的方差并记作 $\sigma_i^2$ ;

步骤703、采用计算机将第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中除去第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 后的各个像素点按照从上到下从左到右的顺序排序,则第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的权重为 $W_{(u_i^l, v_i^l)}$ ,且 $W_{(u_i^l, v_i^l)} = \frac{1}{R^2} \sum_{r=1}^{R-1} (1 + \frac{(Gray_{(u_i^l, v_i^l)}^r - \mu_i)(Gray_{(u_i^l, v_i^l)} - \mu_i)}{\sigma_i^2 + \varepsilon})$ ;其中,r为正整数,且 $1 \leq r \leq R-1$ , $Gray_{(u_i^l, v_i^l)}^r$ 表示左灰度图像第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中除去第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 后的第r个像素点的灰度值, $Gray_{(u_i^l, v_i^l)}$ 表示左灰度图像第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的灰度值, $\varepsilon$ 表示平滑常数;

步骤704、按照步骤三至步骤五所述的方法,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中除去第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 后的第r个像素点在视差 $d_a$ 下的匹配代价函数 $P_{(i, d_a)}^r$ ;

步骤705、采用计算机根据公式 $P'_{(i, d_a)} = W_{(u_i^l, v_i^l)} (\sum_{r=1}^{R-1} P_{(i, d_a)}^r + P_{(i, d_a)})$ ,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_a$ 下的匹配代价聚合值 $P'_{(i, d_a)}$ ;

步骤706、采用计算机将第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_1$ 下的匹配代价聚合值,第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_2$ 下的匹配代价聚合值,...,第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_a$ 下的匹配代价聚合值从小到大进行排序,得到匹配代价聚合值最小值,则匹配代价聚合值最小值所对应的视差为第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的待判断视差并记作 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ ;

步骤八、视差优化:

步骤801、采用计算机将右校正图像中与左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 视差为 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ 的右像素点记作第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的第一待匹配点 $(u_i^l + d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 和第二待匹配点 $(u_i^l - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ ;

步骤802、以右校正图像为基准,按照步骤三至步骤七所述的方法,从左校正图像中进行判断,获取第一待匹配点 $(u_i^l + d_{u_i^l, v_i^l}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^1$ 和第二待匹配点 $(u_i^l - d_{u_i^l, v_i^l}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^2$ ;

从第一待匹配点 $(u_i^l + d_{u_i^l, v_i^l}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^1$ 和第二待匹配点 $(u_i^l - d_{u_i^l, v_i^l}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^2$ 中获取待匹配点的待判断视差较小值 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ ;

步骤803、采用计算机判断 $|d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min} - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}| < 1$ 是否成立,当 $|d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min} - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}| < 1$ 成立,则左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 和右校正图像中 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ 所对应的待匹配像素点为匹配像素点,则左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的视差值为 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ ;当 $|d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min} - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}| < 1$ 不成立,执行步骤804;

步骤804、以左校正图像为基准,按照步骤三至步骤八所述的方法,获取左校正图像中左像素点 $(u_i^l - 1, v_i^l)$ 视差 $d_{(u_i^l - 1, v_i^l)}^{\min}$ 和左校正图像中左像素点 $(u_i^l + 1, v_i^l)$ 视差 $d_{(u_i^l + 1, v_i^l)}^{\min}$ ,则左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的视差值为 $\min(d_{(u_i^l - 1, v_i^l)}^{\min}, d_{(u_i^l + 1, v_i^l)}^{\min})$ ;

步骤805、采用计算机根据左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的视差值,获取视差图;

步骤806、采用计算机对视差图进行加权中值滤波处理,得到优化后的视差图。

2.按照权利要求1所述的一种局部立体匹配方法,其特征在于:步骤401中计算机对左校正图像和右校正图像进行灰度化处理,得到左灰度图像和右灰度图像,具体过程如下:

计算机根据公式 $Gray(u_i^l, v_i^l) = 0.299 \times R_i^l + 0.587 \times G_i^l + 0.114 \times B_i^l$ 、

$Gray(u_i^l, v_i^l) = \frac{R_i^l + G_i^l + B_i^l}{3}$ 或者 $Gray(u_i^l, v_i^l) = \max(R_i^l, G_i^l, B_i^l)$ 对左校正图像进行灰度处理,

得到左灰度图像; $Gray(u_i^l, v_i^l)$ 表示左灰度图像中第i个左灰度像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的灰度值;

计算机根据公式 $Gray(u_j^r, v_j^r) = 0.299 \times R_j^r + 0.587 \times G_j^r + 0.114 \times B_j^r$ 、

$Gray(u_j^r, v_j^r) = \frac{R_j^r + G_j^r + B_j^r}{3}$ 或者 $Gray(u_j^r, v_j^r) = \max(R_j^r, G_j^r, B_j^r)$ 对右校正图像进行灰度处理,

得到右灰度图像; $Gray(u_j^r, v_j^r)$ 表示右灰度图像中第j个右灰度像素点 $(u_j^r, v_j^r)$ 的灰度值。

3.按照权利要求1所述的一种局部立体匹配方法,其特征在于:步骤305中第一加权系数 $w_1 = 0.2990$ ,第二加权系数 $w_2 = 0.5870$ ,第三加权系数 $w_3 = 0.1140$ ;

步骤五中颜色阈值 $\tau_b$ 的取值为6~8,梯度阈值 $\tau_g$ 的取值为1~3,平衡颜色和梯度的因子 $0 < \alpha < 1$ ;

步骤6012中判断阈值 $\tau_a$ 的取值范围为4.59~7.14;

步骤703中平滑常数 $\varepsilon$ 的取值范围为0.00001~0.0001。

4.按照权利要求1所述的一种局部立体匹配方法,其特征在于:步骤806中采用计算机对视差图进行加权中值滤波处理,得到优化后的视差图,具体过程如下:

步骤8061、采用计算机将视差图中第e个局部窗口进行处理,具体过程如下:

步骤A、采用计算机获取第e个局部窗口的中心像素点的坐标 $(u_c^e, v_c^e)$ ,并获取左校正图像 $I^l$ 中 $(u_c^e, v_c^e)$ 像素点的R分量 $R_c^e$ 、G分量 $G_c^e$ 和B分量 $B_c^e$ ;

步骤B、采用计算机获取第e个局部窗口中除去中心像素点 $(u_c^e, v_c^e)$ 后的第p个像素点的坐标 $(u_p^e, v_p^e)$ ,并获取左校正图像 $I^l$ 中 $(u_p^e, v_p^e)$ 像素点的R分量 $R_p^e$ 、G分量 $G_p^e$ 和B分量 $B_p^e$ ;

步骤C、采用计算机根据公式 $\Delta^2 C_{pc} = (R_p^e - R_c^e)^2 + (G_p^e - G_c^e)^2 + (B_p^e - B_c^e)^2$ ,得到第e个局部窗口中第p个像素点和中心像素点的色彩差值 $\Delta^2 C_{pc}$ ;

采用计算机根据公式 $\Delta^2 S_{pc} = (u_p^e - u_c^e)^2 + (v_p^e - v_c^e)^2$ ,得到第e个局部窗口中第p个像素点和中心像素点的距离值 $\Delta^2 S_{pc}$ ;

步骤D、采用计算机根据公式 $w(p) = \exp\left(-\frac{\Delta^2 C_{pc}}{\gamma_c^2}\right) \bullet \exp\left(-\frac{\Delta^2 S_{pc}}{\gamma_s^2}\right)$ ,得到第e个局部窗口中第p个像素点的权值 $w(p)$ ;其中, $\gamma_c^2$ 表示调节颜色的参数,且 $\gamma_c^2$ 的取值为0.1, $\gamma_s^2$ 表示调节距离的参数,且 $\gamma_s^2$ 的取值为9;

步骤E、采用计算机根据公式 $f'(p) = f(p) \times w(p)$ ,得到第e个局部窗口中第p个像素点的优化后视差值 $f'(p)$ ;其中, $f(p)$ 表示视差图第e个局部窗口中第p个像素点的视差值;

步骤F、采用计算机将视差图第e个局部窗口中中心像素点 $(u_c^e, v_c^e)$ 的视差值以及第e个局部窗口中各个像素点的优化后视差值从小到大进行排序,并获取优化后的视差中值;

步骤G、采用计算机将第e个局部窗口的中心像素点的视差值替换为优化后的视差中值;

步骤H、多次重复步骤A至步骤G,得到优化后的视差图。

5. 按照权利要求1所述的一种局部立体匹配方法,其特征在于:步骤303中得到左校正图像中R分量的比例系数 $K_{R^l}$ 、左校正图像中G分量的比例系数 $K_{G^l}$ 和左校正图像中B分量的比例系数 $K_{B^l}$ ,具体过程如下:

步骤3031、计算机从左校正图像的R分量二维矩阵中获取第i个左像素点的R分量并记作 $R_i^l$ ,计算机从左校正图像的G分量二维矩阵中获取第i个左像素点的G分量并记作 $G_i^l$ ,计算机从左校正图像的B分量二维矩阵中获取第i个左像素点的B分量并记作 $B_i^l$ ;

步骤3032、计算机根据公式 $K_{R^l} = \frac{\sum_{i=1}^l R_i^l}{\sum_{i=1}^l R_i^l + \sum_{i=1}^l G_i^l + \sum_{i=1}^l B_i^l}$ ,得到左校正图像中R分量的比例系数 $K_{R^l}$ ;计算机根据公式 $K_{G^l} = \frac{\sum_{i=1}^l G_i^l}{\sum_{i=1}^l R_i^l + \sum_{i=1}^l G_i^l + \sum_{i=1}^l B_i^l}$ ,得到左校正图像中G分量的比例系数

$K_{G^l}$ ; 计算机根据公式  $K_{B^l} = \frac{\sum_{i=1}^l B_i^l}{\sum_{i=1}^l R_i^l + \sum_{i=1}^l G_i^l + \sum_{i=1}^l B_i^l}$ , 得到左校正图像中B分量的比例系数  $K_{B^l}$ 。

## 一种局部立体匹配方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于立体匹配技术领域,尤其是涉及一种局部立体匹配方法。

### 背景技术

[0002] 立体匹配是双目立体视觉中一项关键技术,通过建立左右图像像素点间的一一对应关系获取视差图,再根据数学三角形相似原理,计算视差信息得到深度信息。近年来随着技术的发展,各种高精度、高效率的立体匹配算法被提出,现有的立体匹配算法分为全局立体匹配和局部立体匹配,局部算法较全局算法计算量小且速度快,但是目前基于彩色图像进行局部匹配时,第一是将彩色图像转为灰度图,求灰度绝对值差。第二是将R,G,B三通道分量分开求灰度绝对值差,再求和并做R,G,B三通道的平均差。前者忽略了彩色图像中颜色信息的重要性,转化会丢失部分颜色信息;后者没有充分利用R,G,B三通道所携带的颜色信息区别,会造成有用信息的丢失,因此这些方法很难反映出图像的真实视差,对后期的代价聚合获得的初始视差图有一定的影响。

[0003] 因此,需要现如今缺少一种设计合理的局部立体匹配方法,基于彩色图像进行局部匹配,有效地利用彩色图像的颜色信息,不仅提高了立体匹配的准确度,而且对视差图进行优化,提高了视差图的准确度,便于视差图后续的深度信息分析。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足,提供一种局部立体匹配方法,其方法步骤简单,基于彩色图像进行局部匹配,有效地利用彩色图像的颜色信息,不仅提高了立体匹配的准确度,而且对视差图进行优化,提高了视差图的准确度,便于视差图后续的深度信息分析。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种局部立体匹配方法,其特征在于:

[0006] 步骤一、图像采集及极线校正:

[0007] 步骤101、双目相机包括左相机和右相机,左相机获取左图像并发送至计算机,同时,右相机获取右图像并发送至计算机,计算机得到左图像和右图像;

[0008] 步骤102、计算机采用极线校正算法分别对左图像和右图像进行极线校正,得到左校正图像和右校正图像;其中,左校正图像 $I^L$ 和右校正图像 $I^R$ 均为彩色图像,且左校正图像 $I^L$ 和右校正图像 $I^R$ 的行数均为 $n$ ,左校正图像 $I^L$ 和右校正图像 $I^R$ 的列数均为 $m$ ;

[0009] 步骤103、计算机将左校正图像中各个像素点按照从左到右从上到下的顺序排序,得到 $I$ 个像素点;且 $I=n \times m$ ;其中, $n$ 、 $m$ 和 $I$ 均为正整数;

[0010] 计算机将右校正图像中各个像素点按照从左到右从上到下的顺序排序,得到 $I$ 个像素点;

[0011] 步骤104、以图像左上角为原点 $o$ ,过原点 $o$ 且沿图像的行方向为图像的 $u$ 轴,过原点 $o$ 且沿图像的列方向为图像的 $v$ 轴,得到像素坐标系 $ouv$ ;

[0012] 步骤二、RGB三分量提取：

[0013] 采用计算机调取RGB分量提取模块，从左校正图像和右校正图像分别提取R分量、G分量和B分量，得到左校正图像的R分量二维矩阵、左校正图像的G分量二维矩阵和左校正图像的B分量二维矩阵，以及右校正图像的R分量二维矩阵、右校正图像的G分量二维矩阵和右校正图像的B分量二维矩阵；

[0014] 步骤三、颜色匹配代价的获取：

[0015] 步骤301、以左校正图像为基准，从右校正图像中进行判断，设定左校正图像 $I^L$ 中拍摄区域对应点的左像素点记作第 $i$ 个左像素点，且第 $i$ 个左像素点在像素坐标系 $ouv$ 中的坐标记作第 $i$ 个左像素点的坐标 $(u_i^l, v_i^l)$ ；

[0016] 设定右校正图像 $I^R$ 中拍摄区域对应点的右像素点记作第 $j$ 个右像素点，且第 $j$ 个右像素点在像素坐标系 $ouv$ 中的坐标记作为第 $j$ 个右像素点的坐标 $(u_j^r, v_j^r)$ ，且 $v_i^l = v_j^r$ ；其中， $1 \leq i \leq I$ ， $1 \leq j \leq I$ ， $i$ 和 $j$ 均为正整数；

[0017] 步骤302、左校正图像和右校正图像中，设定 $|u_i^l - u_j^r| = d_a$ ，其中， $a$ 为自然数，当 $a=0$ 时，初始视差值设定值 $d_0$ 为零；当 $a \geq 1$ 时， $d_a = d_{a-1} + 1$ ， $d_a$ 表示第 $a$ 个视差设定值， $d_{a-1}$ 表示第 $a-1$ 个视差设定值；

[0018] 步骤303、计算机根据左校正图像的R分量二维矩阵、左校正图像的G分量二维矩阵和左校正图像的B分量二维矩阵，得到左校正图像中R分量的比例系数 $K_{R^l}$ 、左校正图像中G分量的比例系数 $K_{G^l}$ 和左校正图像中B分量的比例系数 $K_{B^l}$ ；

[0019] 步骤304、计算机根据公式 $C_{(i,d_a)}^R = K_{R^l} |R_i^l - R_j^r|$ ，得到第 $i$ 个左像素点在视差为 $d_a$ 时的R分量绝对值差；计算机根据公式 $C_{(i,d_a)}^G = K_{G^l} |G_i^l - G_j^r|$ ，得到第 $i$ 个左像素点在视差为 $d_a$ 时的G分量绝对值差；计算机根据公式 $C_{(i,d_a)}^B = K_{B^l} |B_i^l - B_j^r|$ ，得到第 $i$ 个左像素点在视差为 $d_a$ 时的B分量绝对值差；其中， $R_i^l$ 表示第 $i$ 个左像素点的R分量， $G_i^l$ 表示第 $i$ 个左像素点的G分量， $B_i^l$ 表示第 $i$ 个左像素点的B分量； $R_j^r$ 表示第 $j$ 个右像素点的R分量， $G_j^r$ 表示第 $j$ 个右像素点的G分量， $B_j^r$ 表示第 $j$ 个右像素点的B分量；

[0020] 步骤305、计算机根据公式 $D_{(i,d_a)} = w_1 C_{(i,d_a)}^R + w_2 C_{(i,d_a)}^G + w_3 C_{(i,d_a)}^B$ ，得到第 $i$ 个左像素点在视差为 $d_a$ 时的颜色代价 $D_{(i,d_a)}$ ；其中， $w_1$ 表示第一加权系数， $w_2$ 表示第二加权系数， $w_3$ 表示第三加权系数；

[0021] 步骤四、梯度匹配代价的获取：

[0022] 步骤401、计算机对左校正图像和右校正图像进行灰度化处理，得到左灰度图像和右灰度图像；

[0023] 步骤402、设定左灰度图像中拍摄区域对应点的第 $i$ 个像素点记作第 $i$ 个左灰度像素点，且第 $i$ 个左灰度像素点在像素坐标系 $ouv$ 中的坐标记作第 $i$ 个左灰度像素点的坐标 $(u_i^l, v_i^l)$ ；

[0024] 设定右灰度图像中拍摄区域对应点的第 $j$ 个像素点记作第 $j$ 个右灰度像素点，且第

j个右灰度像素点在像素坐标系 $ou_v$ 中的坐标记作为第j个右灰度像素点的坐标 $(u_j^r, v_j^r)$ ,且 $v_i^l = v_j^r$ ;

[0025] 步骤403、左灰度图像和右灰度图像中,设定 $|u_i^l - u_j^r| = d_a$ ,其中,a为自然数,当 $a=0$ 时,初始视差值设定值 $d_0$ 为零;当 $a \geq 1$ 时, $d_a = d_{a-1} + 1$ , $d_a$ 表示第a个视差设定值, $d_{a-1}$ 表示第a-1个视差设定值;

[0026] 步骤404、当 $1 \leq u_i^l \leq m-1$ 时,计算机根据公式

$d_{u,i}^l = Gray(u_i^l + 1, v_i^l) - Gray(u_i^l, v_i^l)$ ,得到左灰度图像中第i个左灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,i}^l$ ;其中, $Gray(u_i^l + 1, v_i^l)$ 表示左灰度图像中 $(u_i^l + 1, v_i^l)$ 坐标处的像素点的灰度值, $Gray(u_i^l, v_i^l)$ 表示第i个左灰度像素点的灰度值;

[0027] 当 $u_i^l = m$ 时,计算机根据公式 $d_{u,i}^l = Gray(u_i^l, v_i^l) - Gray(u_i^l - 1, v_i^l)$ ,得到左灰度图像中第i个左灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,i}^l$ ;其中, $Gray(u_i^l - 1, v_i^l)$ 表示左灰度图像中 $(u_i^l - 1, v_i^l)$ 坐标处的像素点的灰度值,

[0028] 当 $1 \leq u_j^r \leq m-1$ 时,计算机根据公式

$d_{u,j}^r = Gray(u_j^r + 1, v_j^r) - Gray(u_j^r, v_j^r)$ ,得到右灰度图像中第j个右灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,j}^r$ ;其中, $Gray(u_j^r + 1, v_j^r)$ 表示右灰度图像中 $(u_j^r + 1, v_j^r)$ 坐标处的像素点的灰度值, $Gray(u_j^r, v_j^r)$ 表示第j个右灰度像素点的灰度值;

[0029] 当 $u_j^r = m$ 时,计算机根据公式 $d_{u,j}^r = Gray(u_j^r, v_j^r) - Gray(u_j^r - 1, v_j^r)$ ,得到右灰度图像中第j个右灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,j}^r$ ;其中, $Gray(u_j^r - 1, v_j^r)$ 表示右灰度图像中 $(u_j^r - 1, v_j^r)$ 坐标处的像素点的灰度值;

[0030] 步骤405、计算机根据公式 $G_{(i,d_a)}^u = |d_{u,i}^l - d_{u,j}^r|$ ,得到第i个左像素点在视差为 $d_a$ 时u方向的灰度梯度差值 $G_{(i,d_a)}^u$ ;

[0031] 步骤五、匹配代价函数的获取:

[0032] 计算机建立第i个左像素点在视差为 $d_a$ 时的匹配代价函数,如下式:

[0033]  $P_{(i,d_a)} = \alpha \min(D_{(i,d_a)}, \tau_D) + (1 - \alpha) \min(G_{(i,d_a)}^u, \tau_G)$ ;其中, $\alpha$ 表示平衡颜色和梯度的因子, $\tau_D$ 表示颜色阈值, $\tau_G$ 表示梯度阈值, $\min(\cdot)$ 表示取最小值;

[0034] 步骤六、判断窗口区域的获取:

[0035] 步骤601、左校正图像中,当对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 进行正上方遍历时,具体过程如下:

[0036] 步骤6011、如果第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 位于图像边界,则停止正上方遍历,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上遍历的最大像素个数 $L_s = 0$ ;如果第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 不位于图像边界,执行步骤6012;

[0037] 步骤6012、对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方的第 $f_s$ 个待遍历像素点 $(u_i^l - f_s, v_i^l)$ 进行判断,判断 $|R_i^l - R_i^{l f_s}| \leq \tau_a$ 是否成立,如果 $|R_i^l - R_i^{l f_s}| \leq \tau_a$ 成立,执行步骤6013和步骤6014;否则,执行步骤6015;其中, $R_i^{l f_s}$ 表示第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方的第 $f_s$ 个待遍历像素点的R分量, $f_s$ 为正整数, $\tau_a$ 表示判断阈值;

[0038] 步骤6013、如果第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方的第 $f_s$ 个待遍历像素点位于图像边界,停止正上方遍历,则第 $f_s$ 个待遍历像素点和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 之间的像素个数为第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上遍历的最大像素个数 $L_s$ ;

[0039] 步骤6014、如果第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方的第 $f_s$ 个待遍历像素点不位于图像边界,按照步骤6012所述的方法对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方的下一个待遍历像素点进行判断;

[0040] 步骤6015、如果 $|R_i^l - R_i^{l f_s}| \leq \tau_a$ 不成立,停止正上方遍历,则第 $f_s - 1$ 个待遍历像素点和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 之间的像素个数为第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上遍历的最大像素个数 $L_s$ ;

[0041] 步骤602、按照步骤6011所述的方法,对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 进行正下方遍历,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正下方遍历的最大像素个数 $L_x$ ;

[0042] 步骤603、按照步骤6011所述的方法,对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 进行正左方遍历,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正左方遍历的最大像素个数 $L_z$ ;

[0043] 步骤604、按照步骤6011所述的方法,对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 进行正右方遍历,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正右方遍历的最大像素个数 $L_y$ ;

[0044] 步骤605、左校正图像 $I^l$ 中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方遍历的最大像素个数 $L_s$ 、第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正下方遍历的最大像素个数 $L_x$ 、第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正左方遍历的最大像素个数 $L_z$ 和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正右方遍历的最大像素个数 $L_y$ 围设的区域为第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域;

[0045] 步骤七、匹配代价的聚合:

[0046] 步骤701、采用计算机获取第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中的像素总数量并记作R,采用计算机获取第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中各个像素的灰度值;

[0047] 步骤702、采用计算机调取均值处理模块,并输入第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中的像素总数量R和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中各个像素的灰度值,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的像素均值并记作 $\mu_i$ ;

[0048] 采用计算机调取方差处理模块,并输入第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中的像素总数量R、第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中各个像素的灰度值和第i个左像

素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的像素均值 $\mu_i$ ,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的方差并记作 $\sigma_i^2$ ;

[0049] 步骤703、采用计算机将第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中除去第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 后的各个像素点按照从上到下从左到右的顺序排序,则第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的权重为 $W_{(u_i^l, v_i^l)}$ ,且 $W_{(u_i^l, v_i^l)} = \frac{1}{R^2} \sum_{r=1}^{R-1} (1 + \frac{(Gray_{(u_i^l, v_i^l)}^r - \mu_i)(Gray_{(u_i^l, v_i^l)} - \mu_i)}{\sigma_i^2 + \varepsilon})$ ;其

中,r为正整数,且 $1 \leq r \leq R-1$ , $Gray_{(u_i^l, v_i^l)}^r$ 表示左灰度图像第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中除去第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 后的第r个像素点的灰度值, $Gray_{(u_i^l, v_i^l)}$ 表示左灰度图像第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的灰度值, $\varepsilon$ 表示平滑常数;

[0050] 步骤704、按照步骤三至步骤五所述的方法,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中除去第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 后的第r个像素点在视差 $d_a$ 下的匹配代价函数 $P_{(i, d_a)}^r$ ;

[0051] 步骤705、采用计算机根据公式 $P'_{(i, d_a)} = W_{(u_i^l, v_i^l)} (\sum_{r=1}^{R-1} P_{(i, d_a)}^r + P_{(i, d_a)})$ ,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_a$ 下的匹配代价聚合值 $P'_{(i, d_a)}$ ;

[0052] 步骤706、采用计算机将第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_1$ 下的匹配代价聚合值,第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_2$ 下的匹配代价聚合值,...,第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_a$ 下的匹配代价聚合值从小到大进行排序,得到匹配代价聚合值最小值,则匹配代价聚合值最小值所对应的视差为第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的待判断视差并记作 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ ;

[0053] 步骤八、视差优化:

[0054] 步骤801、采用计算机将右校正图像中与左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 视差为 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ 的右像素点记作第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的第一待匹配点 $(u_i^l + d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 和第二待匹配点 $(u_i^l - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ ;

[0055] 步骤802、以右校正图像为基准,按照步骤三至步骤七所述的方法,从左校正图像中进行判断,获取第一待匹配点 $(u_i^l + d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d'_{(u_i^l, v_i^l)}{}^1$ 和第二待匹配点 $(u_i^l - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d'_{(u_i^l, v_i^l)}{}^2$ ;

[0056] 从第一待匹配点 $(u_i^l + d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d'_{(u_i^l, v_i^l)}{}^1$ 和第二待匹配点 $(u_i^l - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d'_{(u_i^l, v_i^l)}{}^2$ 中获取待匹配点的待判断视差较小值 $d'_{(u_i^l, v_i^l)}{}^{\min}$ ;

[0057] 步骤803、采用计算机判断 $|d'_{(u_i^l, v_i^l)}{}^{\min} - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}| < 1$ 是否成立,当 $|d'_{(u_i^l, v_i^l)}{}^{\min} - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}| < 1$ 成立,则左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 和右校正图像中 $d'_{(u_i^l, v_i^l)}{}^{\min}$ 所对应的待匹配像素点为匹配

像素点,则左校正图像中第*i*个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的视差值为 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ ;当 $|d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min} - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\prime\min}| < 1$ 不成立,执行步骤804;

[0058] 步骤804、以左校正图像为基准,按照步骤三至步骤八所述的方法,获取左校正图像中左像素点 $(u_i^l - 1, v_i^l)$ 视差 $d_{(u_i^l - 1, v_i^l)}^{\min}$ 和左校正图像中左像素点 $(u_i^l + 1, v_i^l)$ 视差 $d_{(u_i^l + 1, v_i^l)}^{\min}$ ,则左校正图像中第*i*个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的视差值为 $\min(d_{(u_i^l - 1, v_i^l)}^{\min}, d_{(u_i^l + 1, v_i^l)}^{\min})$ ;

[0059] 步骤805、采用计算机根据左校正图像中第*i*个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的视差值,获取视差图;

[0060] 步骤806、采用计算机对视差图进行加权中值滤波处理,得到优化后的视差图。

[0061] 上述的一种局部立体匹配方法,其特征在于:步骤401中计算机对左校正图像和右校正图像进行灰度化处理,得到左灰度图像和右灰度图像,具体过程如下:

[0062] 计算机根据公式 $Gray(u_i^l, v_i^l) = 0.299 \times R_i^l + 0.587 \times G_i^l + 0.114 \times B_i^l$ 、

$Gray(u_i^l, v_i^l) = \frac{R_i^l + G_i^l + B_i^l}{3}$ 或者 $Gray(u_i^l, v_i^l) = \max(R_i^l, G_i^l, B_i^l)$ 对左校正图像进行灰度处理,得

到左灰度图像; $Gray(u_i^l, v_i^l)$ 表示左灰度图像中第*i*个左灰度像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的灰度值;

[0063] 计算机根据公式 $Gray(u_j^r, v_j^r) = 0.299 \times R_j^r + 0.587 \times G_j^r + 0.114 \times B_j^r$ 、

$Gray(u_j^r, v_j^r) = \frac{R_j^r + G_j^r + B_j^r}{3}$ 或者 $Gray(u_j^r, v_j^r) = \max(R_j^r, G_j^r, B_j^r)$ 对右校正图像进行灰度处理,

得到右灰度图像; $Gray(u_j^r, v_j^r)$ 表示右灰度图像中第*j*个右灰度像素点 $(u_j^r, v_j^r)$ 的灰度值。

[0064] 上述的一种局部立体匹配方法,其特征在于:步骤305中第一加权系数 $w_1 = 0.2990$ ,第二加权系数 $w_2 = 0.5870$ ,第三加权系数 $w_3 = 0.1140$ ;

[0065] 步骤5中颜色阈值 $\tau_D$ 的取值为6~8,梯度阈值 $\tau_G$ 的取值为1~3,平衡颜色和梯度的因子 $0 < \alpha < 1$ ;

[0066] 步骤6012中判断阈值 $\tau_a$ 的取值范围为4.59~7.14;

[0067] 步骤703中平滑常数 $\varepsilon$ 的取值范围为0.00001~0.0001。

[0068] 上述的一种局部立体匹配方法,其特征在于:步骤806中采用计算机对视差图进行加权中值滤波处理,得到优化后的视差图,具体过程如下:

[0069] 步骤8061、采用计算机将视差图中第*e*个局部窗口进行处理,具体过程如下:

[0070] 步骤A、采用计算机获取第*e*个局部窗口的中心像素点的坐标 $(u_c^e, v_c^e)$ ,并获取左校正图像 $I^l$ 中 $(u_c^e, v_c^e)$ 像素点的R分量 $R_c^e$ 、G分量 $G_c^e$ 和B分量 $B_c^e$ ;

[0071] 步骤B、采用计算机获取第*e*个局部窗口中除去中心像素点 $(u_c^e, v_c^e)$ 后的第*p*个像素点的坐标 $(u_p^e, v_p^e)$ ,并获取左校正图像 $I^l$ 中 $(u_p^e, v_p^e)$ 像素点的R分量 $R_p^e$ 、G分量 $G_p^e$ 和B分量 $B_p^e$ ;

[0072] 步骤C、采用计算机根据公式 $\Delta^2 C_{pc} = (R_p^e - R_c^e)^2 + (G_p^e - G_c^e)^2 + (B_p^e - B_c^e)^2$ ,得到第*e*个局部窗口中第*p*个像素点和中心像素点的色彩差值 $\Delta^2 C_{pc}$ ;

[0073] 采用计算机根据公式 $\Delta^2 S_{pc} = (u_p^e - u_c^e)^2 + (v_p^e - v_c^e)^2$ ,得到第*e*个局部窗口中第*p*个像

素点和中心像素点的距离值  $\Delta^2 S_{pc}$ ;

[0074] 步骤D、采用计算机根据公式  $w(p) = \exp\left(-\frac{\Delta^2 C_{pc}}{\gamma_c^2}\right) \bullet \exp\left(-\frac{\Delta^2 S_{pc}}{\gamma_s^2}\right)$ , 得到第e个局部

窗口中第p个像素点的权值  $w(p)$ ; 其中,  $\gamma_c^2$  表示调节颜色的参数, 且  $\gamma_c^2$  的取值为0.1,  $\gamma_s^2$  表示调节距离的参数, 且  $\gamma_s^2$  的取值为9;

[0075] 步骤E、采用计算机根据公式  $f'(p) = f(p) \times w(p)$ , 得到第e个局部窗口中第p个像素点的优化后视差值  $f'(p)$ ; 其中,  $f(p)$  表示视差图第e个局部窗口中第p个像素点的视差值;

[0076] 步骤F、采用计算机将视差图第e个局部窗口中中心像素点  $(u_c^e, v_c^e)$  的视差值以及第e个局部窗口中各个像素点的优化后视差值从小到大进行排序, 并获取优化后的视差中值;

[0077] 步骤G、采用计算机将第e个局部窗口的中心像素点的视差值替换为优化后的视差中值;

[0078] 步骤H、多次重复步骤步骤A至步骤G, 得到优化后的视差图。

[0079] 上述的一种局部立体匹配方法, 其特征在于: 步骤303中得到左校正图像中R分量的比例系数  $K_{R^l}$ 、左校正图像中G分量的比例系数  $K_{G^l}$  和左校正图像中B分量的比例系数  $K_{B^l}$ , 具体过程如下:

[0080] 步骤3031、计算机从左校正图像的R分量二维矩阵中获取第i个左像素点的R分量并记作  $R_i^l$ , 计算机从左校正图像的G分量二维矩阵中获取第i个左像素点的G分量并记作  $G_i^l$ , 计算机从左校正图像的B分量二维矩阵中获取第i个左像素点的B分量并记作  $B_i^l$ ;

[0081] 步骤3032、计算机根据公式  $K_{R^l} = \frac{\sum_{i=1}^l R_i^l}{\sum_{i=1}^l R_i^l + \sum_{i=1}^l G_i^l + \sum_{i=1}^l B_i^l}$ , 得到左校正图像中R分量

的比例系数  $K_{R^l}$ ; 计算机根据公式  $K_{G^l} = \frac{\sum_{i=1}^l G_i^l}{\sum_{i=1}^l R_i^l + \sum_{i=1}^l G_i^l + \sum_{i=1}^l B_i^l}$ , 得到左校正图像中G分量的比

例系数  $K_{G^l}$ ; 计算机根据公式  $K_{B^l} = \frac{\sum_{i=1}^l B_i^l}{\sum_{i=1}^l R_i^l + \sum_{i=1}^l G_i^l + \sum_{i=1}^l B_i^l}$ , 得到左校正图像中B分量的比例系

数  $K_{B^l}$ 。

[0082] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0083] 1、本发明的局部立体匹配方法步骤简单, 设计合理且使用效果好, 首先是图像采集及极线校正, 得到左校正图像和右校正图像, 并提取左校正图像和右校正图像中的RGB三分量, 然后进行颜色匹配代价的获取和梯度匹配代价的获取, 根据颜色匹配代价的获取和

梯度匹配代价得到匹配代价函数;接着获取判断窗口区域,进行匹配代价的聚合,以得到左校正图像上各个像素点的待判断视差;其次对左校正图像上各个像素点的待判断视差进行判断优化得到视差图,最后对视差图进行加权中值滤波处理,得到优化后的视差图,提高了视差图获取的准确性,进而便于后续根据视差图得到深度信息。

[0084] 2、本发明采用极线校正算法分别对左图像和右图像进行极线校正,得到左校正图像和右校正图像,是为了左校正图像和右校正图像消除畸变后严格地行对应,使得左校正图像和右校正图像的对极线恰好在同一水平线上,只需在同一行上搜索左校正图像和右校正图像的匹配点即可,能使匹配效率大大提高。

[0085] 3、本发明颜色匹配代价的获取中,通过左校正图像中R分量的比例系数 $K_{R'}$ 、左校正图像中G分量的比例系数 $K_{G'}$ 和左校正图像中B分量的比例系数 $K_{B'}$ ,进而得到左像素点在视差为 $d_a$ 时的R分量绝对值差、左像素点在视差为 $d_a$ 时的G分量绝对值差和左像素点在视差为 $d_a$ 时的B分量绝对值差,从而获取左像素点视差为 $d_a$ 时的颜色代价,通过考虑R、G和B分量的比例系数,一方面充分考虑原图像的颜色信息,获取比例系数,实现不同的权重的赋予,以达到充分利用三个颜色通道所携带的信息的目的;另一方面,提高了颜色代价获取的准确性,反映出后续图像真实视差,降低了初始视差图的误匹配率。

[0086] 4、本发明匹配代价函数的获取中,即考虑梯度匹配代价,又考虑颜色代价,且分别赋予颜色阈值和梯度阈值,这样通过颜色加权信息融合梯度信息,从而便于获取匹配代价聚合值最小值,则获取匹配代价聚合值最小值所对应的视差,提高了待判断视差获取的准确率。

[0087] 5、本发明通过对左像素点进行正上、正下、正左和正右的遍历,根据颜色阈值来获取判断窗口区域的大小,避免了窗口过大或过小带来的弊端,便于后续判断窗口区域中的匹配代价的聚合。

[0088] 6、本发明视差优化中先对左校正图像中左像素点的待判断视差进行判断,以获取左校正图像中各个左像素点的视差值,实现对视差值的优化;然后对得到的视差图进行加权中值滤波处理,实现对视差图的进一步优化。

[0089] 综上所述,本发明方法步骤简单,基于色彩权值进行局部立体匹配,不仅提高了立体匹配的准确度,而且对视差图进行优化,提高了视差图的准确度,便于视差图后续的深度信息分析。

[0090] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

## 附图说明

[0091] 图1为本发明的流程框图。

[0092] 图2a为本发明的左校正图像。

[0093] 图2b为本发明的右校正图像。

[0094] 图2c为本发明的视差图。

[0095] 图2d为本发明的优化后的视差图。

## 具体实施方式

[0096] 如图1所示的一种局部立体匹配方法,该方法包括以下步骤:

[0097] 步骤一、图像采集及极线校正:

[0098] 步骤101、双目相机包括左相机和右相机,左相机获取左图像并发送至计算机,同时,右相机获取右图像并发送至计算机,计算机得到左图像和右图像;

[0099] 步骤102、计算机采用极线校正算法分别对左图像和右图像进行极线校正,得到左校正图像和右校正图像;其中,左校正图像 $I^L$ 和右校正图像 $I^R$ 均为彩色图像,且左校正图像 $I^L$ 和右校正图像 $I^R$ 的行数均为 $n$ ,左校正图像 $I^L$ 和右校正图像 $I^R$ 的列数均为 $m$ ;

[0100] 步骤103、计算机将左校正图像中各个像素点按照从左到右从上到下的顺序排序,得到 $I$ 个像素点;且 $I=n \times m$ ;其中, $n$ 、 $m$ 和 $I$ 均为正整数;

[0101] 计算机将右校正图像中各个像素点按照从左到右从上到下的顺序排序,得到 $I$ 个像素点;

[0102] 步骤104、以图像左上角为原点 $o$ ,过原点 $o$ 且沿图像的行方向为图像的 $u$ 轴,过原点 $o$ 且沿图像的列方向为图像的 $v$ 轴,得到像素坐标系 $ouv$ ;

[0103] 步骤二、RGB三分量提取:

[0104] 采用计算机调取RGB分量提取模块,从左校正图像和右校正图像分别提取R分量、G分量和B分量,得到左校正图像的R分量二维矩阵、左校正图像的G分量二维矩阵和左校正图像的B分量二维矩阵,以及右校正图像的R分量二维矩阵、右校正图像的G分量二维矩阵和右校正图像的B分量二维矩阵;

[0105] 步骤三、颜色匹配代价的获取:

[0106] 步骤301、以左校正图像为基准,从右校正图像中进行判断,设定左校正图像 $I^L$ 中拍摄区域对应点的左像素点记作第 $i$ 个左像素点,且第 $i$ 个左像素点在像素坐标系 $ouv$ 中的坐标记作第 $i$ 个左像素点的坐标 $(u_i^l, v_i^l)$ ;

[0107] 设定右校正图像 $I^R$ 中拍摄区域对应点的右像素点记作第 $j$ 个右像素点,且第 $j$ 个右像素点在像素坐标系 $ouv$ 中的坐标记作为第 $j$ 个右像素点的坐标 $(u_j^r, v_j^r)$ ,且 $v_i^l = v_j^r$ ;其中, $1 \leq i \leq I$ , $1 \leq j \leq I$ , $i$ 和 $j$ 均为正整数;

[0108] 步骤302、左校正图像和右校正图像中,设定 $|u_i^l - u_j^r| = d_a$ ,其中, $a$ 为自然数,当 $a=0$ 时,初始视差值设定值 $d_0$ 为零;当 $a \geq 1$ 时, $d_a = d_{a-1} + 1$ , $d_a$ 表示第 $a$ 个视差设定值, $d_{a-1}$ 表示第 $a-1$ 个视差设定值;

[0109] 步骤303、计算机根据左校正图像的R分量二维矩阵、左校正图像的G分量二维矩阵和左校正图像的B分量二维矩阵,得到左校正图像中R分量的比例系数 $K_{R^l}$ 、左校正图像中G分量的比例系数 $K_{G^l}$ 和左校正图像中B分量的比例系数 $K_{B^l}$ ;

[0110] 步骤304、计算机根据公式 $C_{(i,d_a)}^R = K_{R^l} |R_i^l - R_j^r|$ ,得到第 $i$ 个左像素点在视差为 $d_a$ 时的R分量绝对值差;计算机根据公式 $C_{(i,d_a)}^G = K_{G^l} |G_i^l - G_j^r|$ ,得到第 $i$ 个左像素点在视差为 $d_a$ 时的G分量绝对值差;计算机根据公式 $C_{(i,d_a)}^B = K_{B^l} |B_i^l - B_j^r|$ ,得到第 $i$ 个左像素点在视差为 $d_a$ 时

的B分量绝对值差;其中, $R_i^l$ 表示第i个左像素点的R分量, $G_i^l$ 表示第i个左像素点的G分量, $B_i^l$ 表示第i个左像素点的B分量; $R_j^r$ 表示第j个右像素点的R分量, $G_j^r$ 表示第j个右像素点的G分量, $B_j^r$ 表示第j个右像素点的B分量;

[0111] 步骤305、计算机根据公式 $D_{(i,d_a)} = w_1 C_{(i,d_a)}^R + w_2 C_{(i,d_a)}^G + w_3 C_{(i,d_a)}^B$ ,得到第i个左像素点在视差为 $d_a$ 时的颜色代价 $D_{(i,d_a)}$ ;其中, $w_1$ 表示第一加权系数, $w_2$ 表示第二加权系数, $w_3$ 表示第三加权系数;

[0112] 步骤四、梯度匹配代价的获取:

[0113] 步骤401、计算机对左校正图像和右校正图像进行灰度化处理,得到左灰度图像和右灰度图像;

[0114] 步骤402、设定左灰度图像中拍摄区域对应点的第i个像素点记作第i个左灰度像素点,且第i个左灰度像素点在像素坐标系ouv中的坐标记作第i个左灰度像素点的坐标 $(u_i^l, v_i^l)$ ;

[0115] 设定右灰度图像中拍摄区域对应点的第j个像素点记作第j个右灰度像素点,且第j个右灰度像素点在像素坐标系ouv中的坐标记作为第j个右灰度像素点的坐标 $(u_j^r, v_j^r)$ ,且 $v_i^l = v_j^r$ ;

[0116] 步骤403、左灰度图像和右灰度图像中,设定 $|u_i^l - u_j^r| = d_a$ ,其中,a为自然数,当 $a=0$ 时,初始视差值设定值 $d_0$ 为零;当 $a \geq 1$ 时, $d_a = d_{a-1} + 1$ , $d_a$ 表示第a个视差设定值, $d_{a-1}$ 表示第a-1个视差设定值;

[0117] 步骤404、当 $1 \leq u_i^l \leq m-1$ 时,计算机根据公式

$d_{u,i}^l = \text{Gray}(u_i^l + 1, v_i^l) - \text{Gray}(u_i^l, v_i^l)$ ,得到左灰度图像中第i个左灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,i}^l$ ;其中, $\text{Gray}(u_i^l + 1, v_i^l)$ 表示左灰度图像中 $(u_i^l + 1, v_i^l)$ 坐标处的像素点的灰度值, $\text{Gray}(u_i^l, v_i^l)$ 表示第i个左灰度像素点的灰度值;

[0118] 当 $u_i^l = m$ 时,计算机根据公式 $d_{u,i}^l = \text{Gray}(u_i^l, v_i^l) - \text{Gray}(u_i^l - 1, v_i^l)$ ,得到左灰度图像中第i个左灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,i}^l$ ;其中, $\text{Gray}(u_i^l - 1, v_i^l)$ 表示左灰度图像中 $(u_i^l - 1, v_i^l)$ 坐标处的像素点的灰度值,

[0119] 当 $1 \leq u_j^r \leq m-1$ 时,计算机根据公式

$d_{u,j}^r = \text{Gray}(u_j^r + 1, v_j^r) - \text{Gray}(u_j^r, v_j^r)$ ,得到右灰度图像中第j个右灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,j}^r$ ;其中, $\text{Gray}(u_j^r + 1, v_j^r)$ 表示右灰度图像中 $(u_j^r + 1, v_j^r)$ 坐标处的像素点的灰度值, $\text{Gray}(u_j^r, v_j^r)$ 表示第j个右灰度像素点的灰度值;

[0120] 当 $u_j^r = m$ 时,计算机根据公式 $d_{u,j}^r = \text{Gray}(u_j^r, v_j^r) - \text{Gray}(u_j^r - 1, v_j^r)$ ,得到右灰度图像中第j个右灰度像素点沿u方向的灰度梯度 $d_{u,j}^r$ ;其中, $\text{Gray}(u_j^r - 1, v_j^r)$ 表示

右灰度图像中 $(u_j^r - 1, v_j^r)$ 坐标处的像素点的灰度值；

[0121] 步骤405、计算机根据公式 $G_{(i,d_a)}^u = |d_{u,i}^l - d_{u,j}^r|$ ，得到第i个左像素点在视差为 $d_a$ 时u方向的灰度梯度差值 $G_{(i,d_a)}^u$ ；

[0122] 步骤五、匹配代价函数的获取：

[0123] 计算机建立第i个左像素点在视差为 $d_a$ 时的匹配代价函数，如下式：

[0124]  $P_{(i,d_a)} = \alpha \min(D_{(i,d_a)}, \tau_D) + (1 - \alpha) \min(G_{(i,d_a)}^u, \tau_G)$ ；其中， $\alpha$ 表示平衡颜色和梯度的因子， $\tau_D$ 表示颜色阈值， $\tau_G$ 表示梯度阈值， $\min(\cdot)$ 表示取最小值；

[0125] 步骤六、判断窗口区域的获取：

[0126] 步骤601、左校正图像中，当对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 进行正上方遍历时，具体过程如下：

[0127] 步骤6011、如果第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 位于图像边界，则停止正上方遍历，得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上遍历的最大像素个数 $L_s = 0$ ；如果第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 不位于图像边界，执行步骤6012；

[0128] 步骤6012、对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方的第 $f_s$ 个待遍历像素点 $(u_i^l - f_s, v_i^l)$ 进行判断，判断 $|R_i^l - R_i^{f_s}| \leq \tau_a$ 是否成立，如果 $|R_i^l - R_i^{f_s}| \leq \tau_a$ 成立，执行步骤6013和步骤6014；否则，执行步骤6015；其中， $R_i^{f_s}$ 表示第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方的第 $f_s$ 个待遍历像素点的R分量， $f_s$ 为正整数， $\tau_a$ 表示判断阈值；

[0129] 步骤6013、如果第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方的第 $f_s$ 个待遍历像素点位于图像边界，停止正上方遍历，则第 $f_s$ 个待遍历像素点和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 之间的像素个数为第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上遍历的最大像素个数 $L_s$ ；

[0130] 步骤6014、如果第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方的第 $f_s$ 个待遍历像素点不位于图像边界，按照步骤6012所述的方法对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方的下一个待遍历像素点进行判断；

[0131] 步骤6015、如果 $|R_i^l - R_i^{f_s}| \leq \tau_a$ 不成立，停止正上方遍历，则第 $f_s - 1$ 个待遍历像素点和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 之间的像素个数为第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上遍历的最大像素个数 $L_s$ ；

[0132] 步骤602、按照步骤6011所述的方法，对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 进行正下方遍历，得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正下方遍历的最大像素个数 $L_x$ ；

[0133] 步骤603、按照步骤6011所述的方法，对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 进行正左方遍历，得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正左方遍历的最大像素个数 $L_z$ ；

[0134] 步骤604、按照步骤6011所述的方法，对第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 进行正右方遍历，得

到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正右方遍历的最大像素个数 $L_y$ ;

[0135] 步骤605、左校正图像 $I^l$ 中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正上方遍历的最大像素个数 $L_s$ 、第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正下方遍历的最大像素个数 $L_x$ 、第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正左方遍历的最大像素个数 $L_z$ 和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 正右方遍历的最大像素个数 $L_y$ 围设的区域为第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域;

[0136] 步骤七、匹配代价的聚合:

[0137] 步骤701、采用计算机获取第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中的像素总数量并记作R,采用计算机获取第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中各个像素的灰度值;

[0138] 步骤702、采用计算机调取均值处理模块,并输入第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中的像素总数量R和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中各个像素的灰度值,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的像素均值并记作 $\mu_i$ ;

[0139] 采用计算机调取方差处理模块,并输入第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中的像素总数量R、第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中各个像素的灰度值和第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的像素均值 $\mu_i$ ,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的方差并记作 $\sigma_i^2$ ;

[0140] 步骤703、采用计算机将第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中除去第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 后的各个像素点按照从上到下从左到右的顺序排序,则第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域的权重为 $W_{(u_i^l, v_i^l)}$ ,且 $W_{(u_i^l, v_i^l)} = \frac{1}{R^2} \sum_{r=1}^{R-1} (1 + \frac{(Gray_{(u_i^l, v_i^l)}^r - \mu_i)(Gray_{(u_i^l, v_i^l)} - \mu_i)}{\sigma_i^2 + \varepsilon})$ ;其

中,r为正整数,且 $1 \leq r \leq R-1$ , $Gray_{(u_i^l, v_i^l)}^r$ 表示左灰度图像第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中除去第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 后的第r个像素点的灰度值, $Gray_{(u_i^l, v_i^l)}$ 表示左灰度图像第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的灰度值, $\varepsilon$ 表示平滑常数;

[0141] 步骤704、按照步骤三至步骤五所述的方法,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的判断窗口区域中除去第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 后的第r个像素点在视差 $d_a$ 下的匹配代价函数 $P_{(i, d_a)}^r$ ;

[0142] 步骤705、采用计算机根据公式 $P'_{(i, d_a)} = W_{(u_i^l, v_i^l)} (\sum_{r=1}^{R-1} P_{(i, d_a)}^r + P_{(i, d_a)})$ ,得到第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_a$ 下的匹配代价聚合值 $P'_{(i, d_a)}$ ;

[0143] 步骤706、采用计算机将第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_1$ 下的匹配代价聚合值,第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_2$ 下的匹配代价聚合值, ..., 第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 在视差 $d_a$ 下的匹配代价聚合值从小到大进行排序,得到匹配代价聚合值最小值,则匹配代价聚合值最小值所对应的视差为第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的待判断视差并记作 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ ;

[0144] 步骤八、视差优化：

[0145] 步骤801、采用计算机将右校正图像中与左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 视差为 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ 的右像素点记作第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的第一待匹配点 $(u_i^l + d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 和第二待匹配点 $(u_i^l - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ ；

[0146] 步骤802、以右校正图像为基准，按照步骤三至步骤七所述的方法，从左校正图像中进行判断，获取第一待匹配点 $(u_i^l + d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\prime 1}$ 和第二待匹配点 $(u_i^l - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\prime 2}$ ；

[0147] 从第一待匹配点 $(u_i^l + d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\prime 1}$ 和第二待匹配点 $(u_i^l - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}, v_i^l)$ 的待判断视差 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\prime 2}$ 中获取待匹配点的待判断视差较小值 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\prime \min}$ ；

[0148] 步骤803、采用计算机判断 $|d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min} - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\prime \min}| < 1$ 是否成立，当 $|d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min} - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\prime \min}| < 1$ 成立，则左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 和右校正图像中 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ 所对应的待匹配像素点为匹配像素点，则左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的视差值为 $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$ ；当 $|d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min} - d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\prime \min}| < 1$ 不成立，执行步骤804；

[0149] 步骤804、以左校正图像为基准，按照步骤三至步骤八所述的方法，获取左校正图像中左像素点 $(u_i^l - 1, v_i^l)$ 视差 $d_{(u_i^l - 1, v_i^l)}^{\min}$ 和左校正图像中左像素点 $(u_i^l + 1, v_i^l)$ 视差 $d_{(u_i^l + 1, v_i^l)}^{\min}$ ，则左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的视差值为 $\min(d_{(u_i^l - 1, v_i^l)}^{\min}, d_{(u_i^l + 1, v_i^l)}^{\min})$ ；

[0150] 步骤805、采用计算机根据左校正图像中第i个左像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的视差值，获取视差图；

[0151] 步骤806、采用计算机对视差图进行加权中值滤波处理，得到优化后的视差图。

[0152] 本实施例中，步骤401中计算机对左校正图像和右校正图像进行灰度化处理，得到左灰度图像和右灰度图像，具体过程如下：

[0153] 计算机根据公式 $Gray(u_i^l, v_i^l) = 0.299 \times R_i^l + 0.587 \times G_i^l + 0.114 \times B_i^l$ 、

$Gray(u_i^l, v_i^l) = \frac{R_i^l + G_i^l + B_i^l}{3}$ 或者 $Gray(u_i^l, v_i^l) = \max(R_i^l, G_i^l, B_i^l)$ 对左校正图像进行灰度处理，得到左灰度图像； $Gray(u_i^l, v_i^l)$ 表示左灰度图像中第i个左灰度像素点 $(u_i^l, v_i^l)$ 的灰度值；

[0154] 计算机根据公式 $Gray(u_j^r, v_j^r) = 0.299 \times R_j^r + 0.587 \times G_j^r + 0.114 \times B_j^r$ 、

$Gray(u_j^r, v_j^r) = \frac{R_j^r + G_j^r + B_j^r}{3}$ 或者 $Gray(u_j^r, v_j^r) = \max(R_j^r, G_j^r, B_j^r)$ 对右校正图像进行灰度处理，得到右灰度图像； $Gray(u_j^r, v_j^r)$ 表示右灰度图像中第j个右灰度像素点 $(u_j^r, v_j^r)$ 的灰度值。

[0155] 本实施例中，步骤305中第一加权系数 $w_1 = 0.2990$ ，第二加权系数 $w_2 = 0.5870$ ，第三加权系数 $w_3 = 0.1140$ ；

[0156] 步骤五中颜色阈值 $\tau_d$ 的取值为6~8,梯度阈值 $\tau_g$ 的取值为1~3,平衡颜色和梯度的因子 $0 < \alpha < 1$ ;

[0157] 步骤6012中判断阈值 $\tau_a$ 的取值范围为4.59~7.14;

[0158] 步骤703中平滑常数 $\varepsilon$ 的取值范围为0.00001~0.0001。

[0159] 本实施例中,步骤806中采用计算机对视差图进行加权中值滤波处理,得到优化后的视差图,具体过程如下:

[0160] 步骤8061、采用计算机将视差图中第e个局部窗口进行处理,具体过程如下:

[0161] 步骤A、采用计算机获取第e个局部窗口的中心像素点的坐标 $(u_c^e, v_c^e)$ ,并获取左校正图像 $I^l$ 中 $(u_c^e, v_c^e)$ 像素点的R分量 $R_c^e$ 、G分量 $G_c^e$ 和B分量 $B_c^e$ ;

[0162] 步骤B、采用计算机获取第e个局部窗口中除去中心像素点 $(u_c^e, v_c^e)$ 后的第p个像素点的坐标 $(u_p^e, v_p^e)$ ,并获取左校正图像 $I^l$ 中 $(u_p^e, v_p^e)$ 像素点的R分量 $R_p^e$ 、G分量 $G_p^e$ 和B分量 $B_p^e$ ;

[0163] 步骤C、采用计算机根据公式 $\Delta^2 C_{pc} = (R_p^e - R_c^e)^2 + (G_p^e - G_c^e)^2 + (B_p^e - B_c^e)^2$ ,得到第e个局部窗口中第p个像素点和中心像素点的色彩差值 $\Delta^2 C_{pc}$ ;

[0164] 采用计算机根据公式 $\Delta^2 S_{pc} = (u_p^e - u_c^e)^2 + (v_p^e - v_c^e)^2$ ,得到第e个局部窗口中第p个像素点和中心像素点的距离值 $\Delta^2 S_{pc}$ ;

[0165] 步骤D、采用计算机根据公式 $w(p) = \exp\left(-\frac{\Delta^2 C_{pc}}{\gamma_c^2}\right) \bullet \exp\left(-\frac{\Delta^2 S_{pc}}{\gamma_s^2}\right)$ ,得到第e个局部

窗口中第p个像素点的权值 $w(p)$ ;其中, $\gamma_c^2$ 表示调节颜色的参数,且 $\gamma_c^2$ 的取值为0.1, $\gamma_s^2$ 表示调节距离的参数,且 $\gamma_s^2$ 的取值为9;

[0166] 步骤E、采用计算机根据公式 $f'(p) = f(p) \times w(p)$ ,得到第e个局部窗口中第p个像素点的优化后视差值 $f'(p)$ ;其中, $f(p)$ 表示视差图第e个局部窗口中第p个像素点的视差值;

[0167] 步骤F、采用计算机将视差图第e个局部窗口中中心像素点 $(u_c^e, v_c^e)$ 的视差值以及第e个局部窗口中各个像素点的优化后视差值从小到大进行排序,并获取优化后的视差中值;

[0168] 步骤G、采用计算机将第e个局部窗口的中心像素点的视差值替换为优化后的视差中值;

[0169] 步骤H、多次重复步骤步骤A至步骤G,得到优化后的视差图。

[0170] 本实施例中,步骤303中得到左校正图像中R分量的比例系数 $K_{R^l}$ 、左校正图像中G分量的比例系数 $K_{G^l}$ 和左校正图像中B分量的比例系数 $K_{B^l}$ ,具体过程如下:

[0171] 步骤3031、计算机从左校正图像的R分量二维矩阵中获取第i个左像素点的R分量并记作 $R_i^l$ ,计算机从左校正图像的G分量二维矩阵中获取第i个左像素点的G分量并记作 $G_i^l$ ,计算机从左校正图像的B分量二维矩阵中获取第i个左像素点的B分量并记作 $B_i^l$ ;

[0172] 步骤3032、计算机根据公式  $K_{R^l} = \frac{\sum_{i=1}^l R_i^l}{\sum_{i=1}^l R_i^l + \sum_{i=1}^l G_i^l + \sum_{i=1}^l B_i^l}$ ，得到左校正图像中R分量的比例系数  $K_{R^l}$ ；计算机根据公式  $K_{G^l} = \frac{\sum_{i=1}^l G_i^l}{\sum_{i=1}^l R_i^l + \sum_{i=1}^l G_i^l + \sum_{i=1}^l B_i^l}$ ，得到左校正图像中G分量的比例系数  $K_{G^l}$ ；计算机根据公式  $K_{B^l} = \frac{\sum_{i=1}^l B_i^l}{\sum_{i=1}^l R_i^l + \sum_{i=1}^l G_i^l + \sum_{i=1}^l B_i^l}$ ，得到左校正图像中B分量的比例系数  $K_{B^l}$ 。

[0173] 本实施例中，将视差图划分多个局部窗口，且局部窗口为  $3 \times 3$  或者  $7 \times 7$  的局部窗口。

[0174] 本实施例中，需要说明的是，e和p均为正整数。

[0175] 本实施例中，第j个右像素点的R分量  $R_j^r$ ，第j个右像素点的G分量  $G_j^r$  和第j个右像素点的B分量  $B_j^r$  分别从右校正图像的R分量二维矩阵、右校正图像的G分量二维矩阵和右校正图像的B分量二维矩阵中获取。

[0176] 本实施例中，需要说明的是， $f_s$  表示待遍历像素点的序号，且待遍历像素点的序号是按照距离第i个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  由近至远排序的。

[0177] 本实施例中，需要说明的是，第i个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上方的各个待遍历像素点和正下方的各个待遍历像素点与第i个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  位于同一列上。

[0178] 第i个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正左方的各个待遍历像素点和正右方的各个待遍历像素点与第i个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  位于同一行上。

[0179] 本实施例中，需要说明的是，步骤6015中，当  $f_s = 1$  时，则第  $f_s - 1$  个待遍历像素点和第i个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  之间的像素个数为零，则第i个左像素点  $(u_i^l, v_i^l)$  正上遍历的最大像素个数  $L_s$  为零。

[0180] 本实施例中，需要说明的是，视差设定值的最大值为  $m - 1$ 。

[0181] 本实施例中，需要说明的是，当第一待匹配点  $(u_i^l + d_{u_i^l, v_i^l}^{\min}, v_i^l)$  的待判断视差  $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{n1}$  和第二待匹配点  $(u_i^l - d_{u_i^l, v_i^l}^{\min}, v_i^l)$  的待判断视差  $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{n2}$  相同时，待匹配点的待判断视差较小值  $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{\min}$  为  $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{n1}$  或者  $d_{(u_i^l, v_i^l)}^{n2}$ 。

[0182] 本实施例中，实际使用时，本发明的方法还可用于以右校正图像为基准，按照步骤一致步骤八所述的方法，得到右校正图像对应的视差图。

[0183] 本实施例中，需要说明的是，左图像和右图像还可以采用Middlebury平台提供的

图像数据集,该图像数据集是一个开源的立体匹配数据集,并且图像已经过极线校正。

[0184] 本实施例中,需要说明的是,计算机采用极线校正算法分别对左图像和右图像进行极线校正,是因为极线校正是要把消除畸变后的两幅图像严格地行对应,使得两幅图像的对极线恰好在同一水平线上,只需在同一行上搜索左图像和右图像的匹配点即可,能使效率大大提高。

[0185] 本实施例中,极线校正算法可采用Bouguet极线校正算法。

[0186] 本实施例中,经过步骤102得到左校正图像和右校正图像,且得到左校正图像如图2a所示,右校正图像如图2b所示。

[0187] 本实施例中,经过步骤805得到视差图,如图2c所示。

[0188] 本实施例中,采用计算机对视差图进行加权中值滤波处理,得到优化后的视差图,如图2d所示。从图2d可以看到,通过根据颜色相似性和距离相近性确定加权中值滤波的权重系数进行视差优化,获取了高精度的视差图,进一步降低了算法的误匹配率。

[0189] 综上所述,本发明方法步骤简单,基于色彩权值进行局部立体匹配,不仅提高了立体匹配的准确度,而且对视差图进行优化,提高了视差图的准确度,便于视差图后续的深度信息分析。

[0190] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

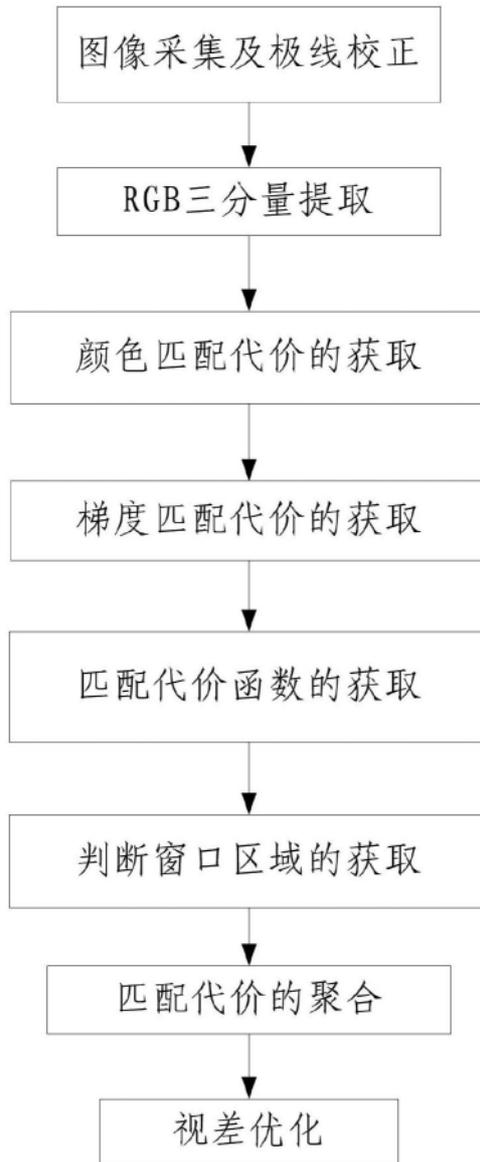


图1



图2a



图2b

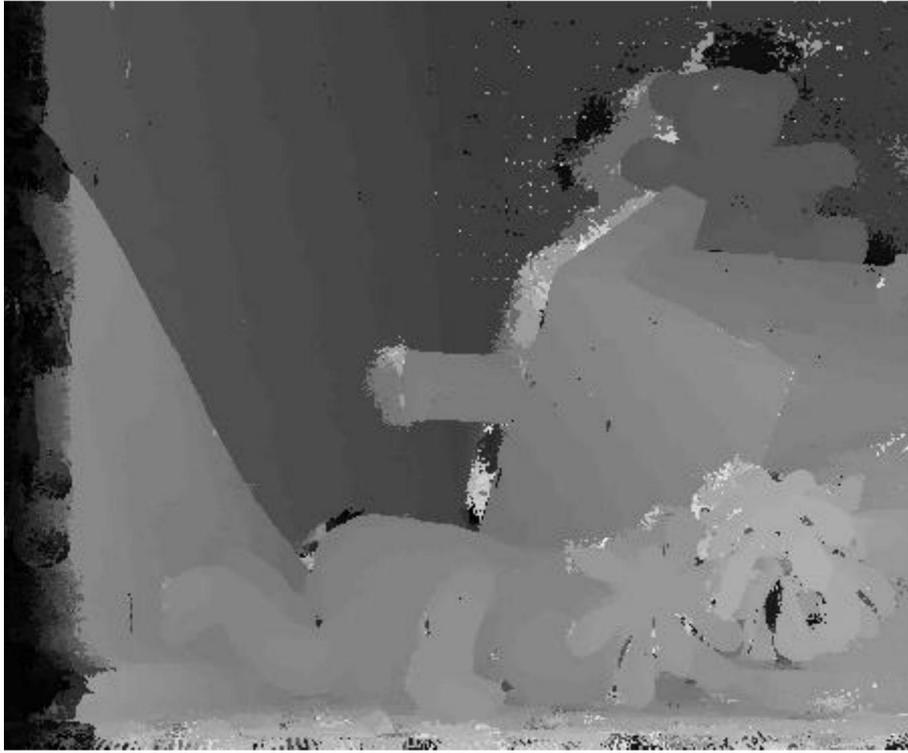


图2c

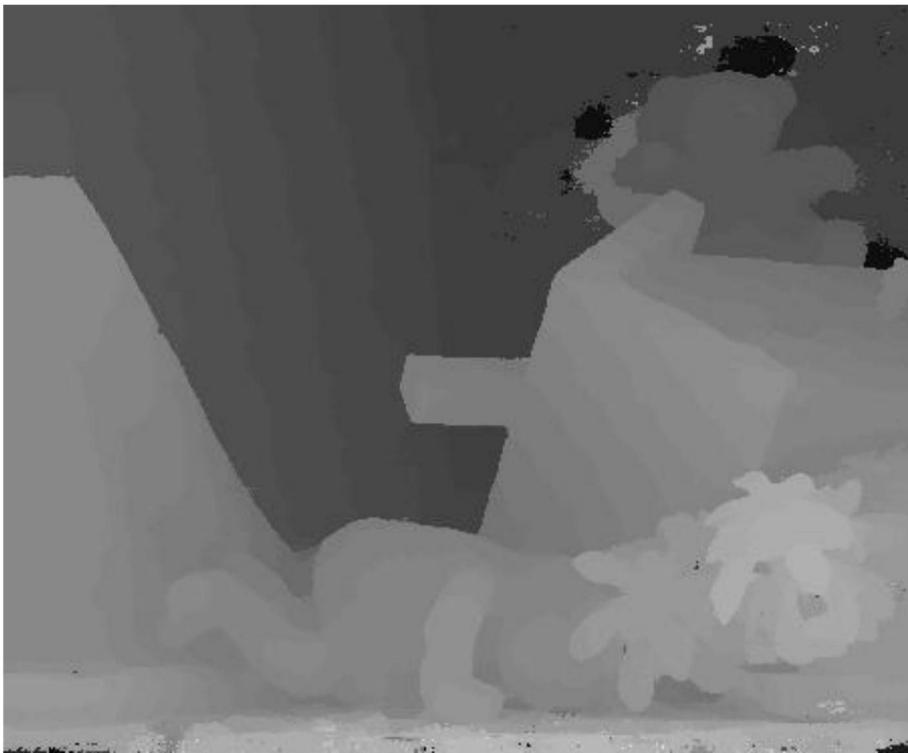


图2d