## 基于代价聚合融合和多步插值策略的立体匹配

## 1.摘要

针对自适应窗口双目立体匹配算法在重复纹理区表现不好的问题提出了一种基于代价聚合融合的策略；针对区域投票插值算法在视差不连续区表现不好的问题提出了一种联合插值策略；提出一种基于分割的插值算法，提高了在图片左右边界处遮挡区的匹配精度。首先，在AD-Census代价函数生成初始匹配代价卷后，根据臂长规则来对第一次自适应窗口代价聚合后的匹配代价卷中的部分代价值替换为固定窗口的匹配代价，在不降低自适应窗口法在深度不连续区匹配精度的同时，提高了其在重复纹理区的表现，并利用WTA生成视差图；然后，在后处理步骤中，采用三个连续的插值策略，即区域投票和背景插值融合策略，基于图像分割的插值策略和合理插值策略，对遮挡区以及非遮挡区的误匹配进行了较好的填充。与其他经典立体匹配算法的对比证明了本方法在计算视差精度上的优势。

## 引言

立体匹配通过搜寻左右图片对的对应像素点来计算视差，根据三角相似性原理，从视差值可求出物体距离相机的距离。立体匹配算法广泛应用于自动驾驶，智能机器人，Slam等领域，是计算机视觉领域的研究热点。根据\*\*的分类，立体匹配算法被分为全局立体匹配和局部立体匹配，全局算法将视差计算表述为一个能量最小化的问题，可以通过置信度传播、图割来求解，虽然匹配精度高，但计算耗时且有大量需要认为指定的参数值。局部匹配算法通过为目标像素点构建局部支持窗口，利用邻域信息来降低匹配的模糊性，具有实现简单，运行速度块的优点，一些局部算法的精度可以媲美全局算法，使得局部匹配算法广泛地应用于现实任务，尤其是实时任务中。局部立体匹配流程通常被分为四个步骤：匹配代价计算、代价聚合、视差计算/视差优化、视差细化。

匹配代价的计算作为立体匹配中的第一步，其结果的优劣对于最终结果的好坏有基础性的影响。常见的匹配代价函数有AD、SD，它们依赖于图像的灰度色彩信息，对噪声和光照很敏感，census变换是通过比较目标像素点和邻域点的强度值相对大小的编码来计算代价值，对光照、噪声以及无纹理有较强的鲁棒性，但是其忽略了灰度信息，在重复纹理区易造成误匹配。\*\*\*提出了一种结合AD算子和census编码的匹配代价函数，它实现了二者优点的互补。

代价聚合通过构建支持窗口来对匹配代价卷进行平滑操作，作为局部匹配算法中最关键的一步，对于它的改进是提高局部立体匹配效果的重要手段。让支持窗口仅包含视差连续区是改进的目标，这一原则在多数情况下都是正确的，但是当窗口过小时，其在纹理丰富区尤其是重复纹理区表现不佳。在这一原则下，有两条改进思路，一是保持窗口形状固定，改变窗口中每个位置的权重，ASW算法和引导滤波算法是这一思路的代表。ASW算法通过颜色相似性和距离相近性两个条件为矩形窗口内的每个像素点分配权重，匹配精度高，但是权重计算过程的高耗时使得其失去了局部匹配算法速度快的优势；2012年，Rhemann和Rother提出利用引导滤波进行代价聚合的策略，它的运行时间独立于支持窗口的尺寸并且和ASW一样具有保留边缘的特性，但是由于其对所有窗口都应用相同的参数使得对纹理变化较大区域匹配效果不理性【】。第二条改进思路是改变支持窗口的大小和形状，有可移动窗口法，多窗口法，变化窗口法，它们相对固定窗口法精度上都取得了一定的提高，但是由于窗口形状和大小依旧存在限制，导致在视差不连续区的匹配效果仍然不好。

2009年，Zhang等人提出一种基于十字交叉的窗口构建策略，它通过预先设定好的颜色和距离差异限制为每个点构建大小和形状自适应的支持窗口，在物体边缘区域取得了较好的效果，但是在重复纹理区域和图像边缘，会因为其构建的窗口过小而导致误匹配增多的现象，Mei等人增大自适应支持区域范围，并增加多个视差细化步骤，提高了匹配精度。

视差细化的一般策略是通过左右一直性检测找出误匹配点，再通过插值来填补误匹配点，现有的插值策略都是针对图片存在对应区的区域，即左右图片的重合区域，对于左图的左侧边缘和右图的右侧边缘的非重合区域则没有专门的插值策略，导致在这些区域的误匹配率较高。

本文在Mei等人的基础上，对局部匹配算法做了改进，本文的贡献点两点：一、提出一种融合十字交叉和固定窗口代价聚合的策略，提高了算法在重复纹理区的表现性；二、提出一种基于图像分割的插值策略，提高了算法在图像左右边缘区域的匹配精度。

## 2.相关工作

### 2.1匹配代价计算

匹配代价用来衡量目标像素点和候选像素点之间的相似性，常用的相似性度量函数有两类：基于差异和基于相关性。前者最常见的方法是通过计算两个像素间的颜色或者灰度的欧氏距离来测量差异，有AD法、SD法等，

AD、SD的公式

这类方法计算简单，对纹理的感知较好，相反对弱纹理的度量不精确，且对光照变化非常敏感。非参数变换法不直接计算像素点的强度差异，而是先通过比较像素点与周围点的大小关系来获取该点的描述符，然后通过比较两个像素点的描述符来计算二者的差异，Census变换是其中应用最广的方法，其公式为：

Census变换公式

像素点的差异通过计算汉明距离来得到：

汉明距离公式

Census法在弱纹理区有较好的效果，对噪声和关照有一定的鲁班性，并且计算相对简单，但是由于其丢失了灰度信息，在重复纹理区表现不好。考虑到AD法和Census变换的优势互补性，Mei等人提出了AD-Census度量函数，公式如下：

AD-Census函数

经过匹配代价计算，形成了初始匹配代价卷。

### 2.2 代价聚合

该步骤通过对初始匹配代价卷上的每个像素点进行局部支持区域的代价聚合来降低匹配的歧义性，可以把它看作对匹配代价卷的每一个视差层的滤波操作。局部支持区域的选择是该步骤的关键，最简单的选择是以目标像素点为中心的形状大小固定的矩形窗口区，当该窗口内包含的区域是视差连续的时，该方法能够取得较好的聚合效果，但是当窗口中存在视差不连续区域时，聚合操作会引入误差，降低匹配精度，如何使窗口的大小和形状能够尽可能地贴合视差不连续边缘一直是研究者想要解决的问题。Zhang等人提出的基于交叉的支持窗口构建算法对视差边缘有较好的检测能力，受到了学者的重视。该算法通过颜色和距离限制来构建像素点的局部支持窗口，首先，计算像素点的上、下、左、右四个方向的支持臂的长度，公式如下：

颜色限制公式

距离限制公式

再以同样的方式计算水平臂（左臂和右臂）或者竖直臂（上臂和下臂）上的每个像素点的垂直臂长或者水平臂长，完成支持区域的构建，整个过程如图1所示。

支持区域的构建图示

Mei等人在此基础上，为了增强在无纹理区域的表现，增大了支持区域的可生成范围，且为避免手臂穿过视差边缘区域，增加了手臂上的相邻点的颜色差异限制，公式如下：

新的公式

但是该方法在重复纹理区表现不好，原因是致密的纹理会阻断臂长的生长，导致支持区域过小。

### 2.3图像边缘处的视差估计（未完待续）

在左图的左边缘处存在一整块区域，它在右图没有对应点，同样的，在右图的右边缘处存在一整块区域在左图没有对应点，这是由于左右相机拍摄位姿不同导致的，这两块区域的范围可以通过预先指定的视差范围来确定。对于这两个区域的点的视差估计，一般将其按照遮挡点来处理。遮挡点可以通过左右一致性检测标记出来，如公式（1）所示，

左右一致性检测公式

不满足公式的点，被标记为不合理点，其中包括遮挡点和误匹配点，由对极几何原理，左图的遮挡点的极线和右图不存在交点，根据这一原理，对于左图的不合理点，沿其同一水平线在右图中寻找视差对应该点的点，若能找到，则该不合理点被标记为误匹配点，否则，该点被标记为遮挡点。对于遮挡点视差估计，最简单的方法是沿着水平线分别找到其左右两侧的第一个合理点，并选择两者中小的视差值作为遮挡点的值。但是，这种策略过于简单，鲁棒性差，只适用于视差连续区。Mei采用了一种基于区域直方图投票的插值策略，在自适应支持窗口创建的前提下，构建遮挡点的支持窗口内的合理视差值的直方图Hp，

## 3.本文算法

针对自适应窗口法在重复纹理区匹配错误率较高的问题，本文提出一种窗口融合的代价聚合策略，利用固定窗口在重复纹理区匹配正确率相对较高的优势，来弥补自适应窗口法在这一区域的劣势；并且提出一种基于图像分割的插值策略，利用同一个分块中的合理视差值来填充边缘区域的视差，提高了边缘区域视差估计的精度。

整个算法的流程如下：

整个算法的流程图：

### 3.1窗口融合的代价聚合

形状大小固定的窗口在重复纹理区有较高的视差估计精度（这边可以有个对比图，固定窗口和自适应窗口在重复纹理区），本文提出了一种将固定窗口聚合后的匹配代价卷与自适应窗口聚合后的匹配代价卷进行融合的策略，选择两个匹配代价卷相同位置的较小的值来来赋给新的匹配代价卷中的相同位置，新的匹配代价卷完成了对两个匹配代价卷的融合，公式如下：

代价卷融合区公式

其中，xx代表固定窗口聚合后的匹配代价卷，yy代表自适应窗口聚合后的匹配代价卷，xx和yy的生成过程可分别用公式（1）和（2）表示，

固定窗口的代价聚合公式

自适应窗口的代价聚合公式

其中，zz表示用AD-Census代价函数生成的初始匹配代价卷

之后，利用自适应窗口进行多次迭代聚合，至此，算法的代价聚合步骤完成。

### 3.2基于图像分割的插值

算法的流程图如下：

分割插值的流程图

首先，根据事先指定的视差范围D，划定图像边缘区域，对于左图，我们选编号为0-2D的列作为边缘区域，并且指定0-4D的列范围为分割区。

然后，利用漫水填充算法对左图分割区域进行分割，算法需要设置种子点和上下阈值，种子点每隔x行y列依次选取，上下分别用m和n表示，整个过程可用如下公式表示：

漫水填充公式

接着，按找如下的算法对边缘区域的内被检测为遮挡点的点进行插值：

将详细的算法步骤写在下面：

1. XX
2. Xxx
3. 。。。。

## 4.实验结果与分析

4.1与自适应窗口法的对比

替换本文算法的窗口融合的部分为自适应窗口法，对比二者的效果(需要图和数据)

4.2与背景插值策略的对比

替换本文算法的基于图像分割的插值策略为背景插值，对比二者的效果（需要图和数据）

4.3与其他经典方法的对比，（图和数据）

暂定AD-census、ASW、再选择几个

## 5.结论