

NCC 实现图像视差匹配

姓名：陈浩 学号：123106222839 学院：计算机科学与工程学院

1 实验目标

图像视差匹配，通过立体匹配（Stereo Matching）得到两张图像的视差图，需要详细的实验过程和结果分析。

2 实现说明

2.1 方法原理

归一化相关性（normalization cross-correlation，简称 NCC）是用于归一化待匹配目标之间的相关程度。其工作原理是对原始图像内任意一个像素点 (p_x, p_y) 构建一个 $n \times n$ 的邻域作为匹配窗口。然后对于目标像素位置 $(p_x + d, p_y)$ 同样构建一个 $n \times n$ 大小的匹配窗口，对两个窗口进行相似度度量，这里的 d 有一个取值范围。在进行计算之前要将两帧图像校正到水平位置，即光心处于同一水平线上，此时极线是水平的，否则匹配过程只能在倾斜的极线方向上完成，这将需要更复杂的计算。

NCC 计算公式如下所示：

$$NCC(p, d) = \frac{\sum_{(x,y) \in W_p} (I_1(x, y) - \bar{I}_1(p_x, p_y)) \cdot (I_2(x + d, y) - \bar{I}_2(p_x + d, p_y))}{\sqrt{\sum_{(x,y) \in W_p} (I_1(x, y) - \bar{I}_1(p_x, p_y))^2 \cdot \sum_{(x,y) \in W_p} (I_2(x + d, y) - \bar{I}_2(p_x + d, p_y))^2}}$$

其中 $NCC(p, d)$ 取值范围在 $[-1, 1]$ 之间， W_p 为匹配窗口， $I_1(x, y)$ 为原图像像素值， $\bar{I}_1(p_x, p_y)$ 为原始窗口内像素的均值， $I_2(x + d, y)$ 为原始图像在目标图像上对应点位置在 x 方向上偏移 d 后的像素值， $\bar{I}_2(p_x + d, p_y)$ 为目标图像匹配窗口内像素的均值。

若 $NCC = -1$ ，则表示两个匹配窗口完全不相关，相反若 $NCC = 1$ 则表示

两个匹配窗口相关程度非常高。

2.2 实验流程

①采集图像。通过标定好的双目相机采集图像，也可以用两个单目相机来组合成双目相机。

②极线校正。使得两帧图像极线处于水平方向，或使两帧图像的光心处于同一水平线上。

③特征匹配。具体匹配方式如 2.1 方法原理所述，右视图与左视图待测像素同一水平线上相关性最高的即为最优匹配。完成匹配后要记录视差 $d = x_r - x_l$ ，其中 x_r 为匹配像素水平方向距离， x_l 待测像素水平方向距离，最终得到一张与原图像尺寸相同的视差图 D 。

2.3 代码实现

①窗口大小选择。首先定义了不同的窗口大小 $\text{width} = [3, 5, 7, 9]$ ，用于后续的均值滤波操作和不同窗口结果分析。

②均值滤波。首先对每幅图像进行均值滤波操作，这是为了计算原始图像窗口内像素的均值。在代码中，使用了不同尺寸的窗口进行均值滤波，通过 `cv2.blur` 函数实现。

③图像差值。接下来对每个通道上的图像分别与均值图像进行减法运算，得到每个通道上的差值图像。这一步的目的是将图像变换到以均值为中心的坐标系下，减小后续的计算。在代码中通过 `img_sub_avg` 函数实现。

④平移操作。利用自编写 `translation` 函数对图像进行平移操作，得到多幅平移后的图像。这一步是为了模拟物体在不同位置看到的图像，以便后续进行比较。

⑤归一化相关性。在这里，通过计算在不同视差下的互相关来找到最大的相似性和对应的视差值，在代码中通过 `NCC` 函数实现。具体步骤包括：

- a. 采用滑动窗口的方式，计算在不同视差下的互相关。
- b. 对每一个视差值，计算互相关的结果，得到相似性的程度。
- c. 设置阈值，选取最相似的视差作为该像素点的视差值。

⑥绘制视差图。根据计算得到的视差值，可以绘制出视差图，其中每个像素点的灰度值代表了该点的视差大小，进而揭示了不同位置处物体的深度信息。

3 实验结果

3.1 运行说明

核心代码在 `stereoMatching.ipynb` 文件中，运行说明如下：

①顺序执行每个单元框，会详细地展示每一步骤结果。

②每个单元框保留了上一次运行的结果，可以不运行直接查阅。

③输入图像存放于 `img/input` 文件夹，结果输出在 `img/output` 文件夹下。其中 `wid_3`、`wid_5`、`wid_7`、`wid_9` 分别为在窗口大小为 3、5、7、9 下基于 NCC 得到的视差图结果。

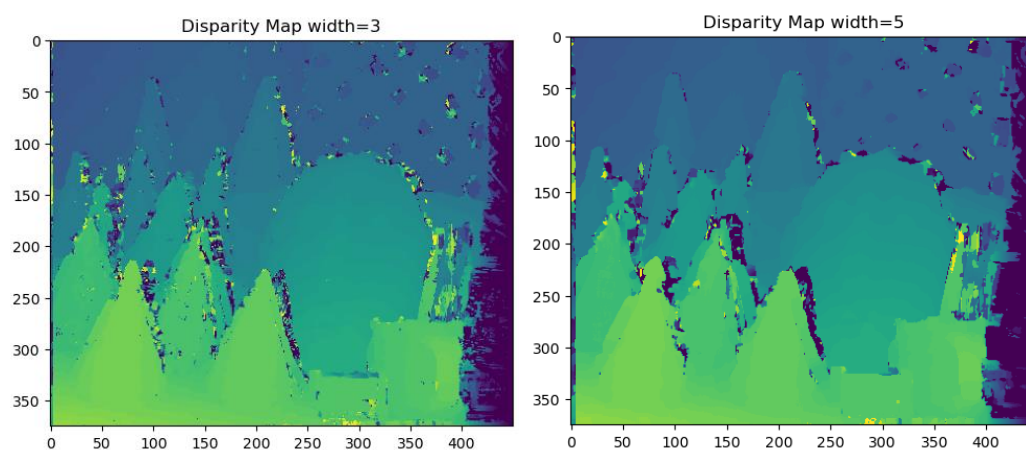
3.2 结果分析

两张输入图像如图 1 所示。其中左侧为左视图，右侧为右视图。



图 1 输入的两张图像

本次实验针对匹配窗口大小做了消融实验，分别使用窗口大小为 3、5、7、9 计算得到的视差图结果如图 2 所示。



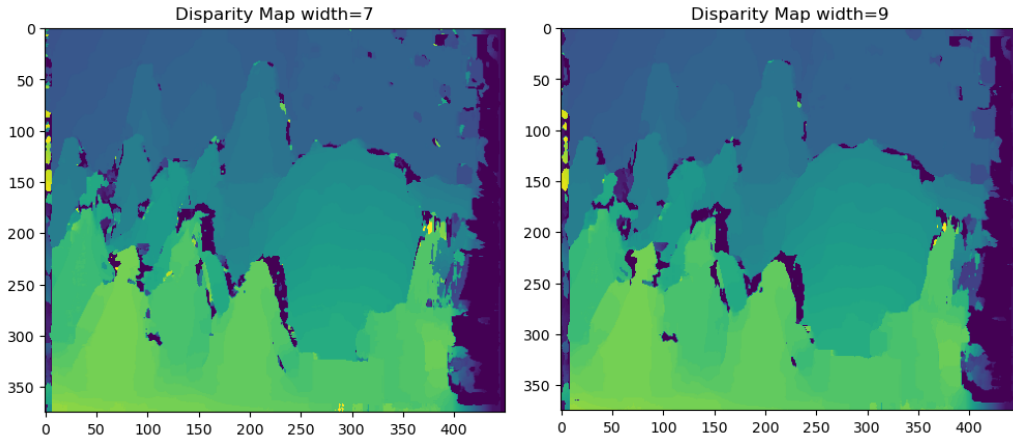


图 2 不同窗口大小的视差图

从图 2 结果可以看出，窗口较小（如 3）时匹配精度不够高，而且会出现噪声；随着窗口值的增大，匹配精度逐渐升高且噪声逐渐被消除；但是窗口过大时细节纹理逐渐丢失，有信息失真的情况出现。

由此可见不同的窗口大小会影响匹配的结果。窗口越小，图像的噪声点越多，但细节信息保存较好；窗口越大，其抗噪能力越强，但越容易丢细节信息。

3.3 实验结论

在归一化相关性（NCC）中，匹配窗口大小对视差图结果会产生影响。匹配窗口的大小决定了在计算互相关时考虑的局部区域范围，从而影响了视差图的精度和噪声敏感度。

对精度的影响。较大的匹配窗口可以提供更多的上下文信息，在视差计算时考虑更多的周围像素，因此可以得到更加准确的视差值，但匹配窗口过大时，可能会将不同区域内的纹理信息混合在一起，导致局部纹理细节的丢失。相比之下，较小的匹配窗口只考虑局部像素，可能导致视差计算的精度下降。

对噪声敏感度的影响。较大的匹配窗口可以在一定程度上抵抗图像噪声的影响，因为它包含了更多的像素信息进行比较，有利于降低局部噪声的影响。然而，较小的匹配窗口可能更加敏感于局部噪声，容易受到噪声的干扰。

所以选择合适的匹配窗口大小对于获得准确且稳定的视差图非常重要。通常需要根据具体的应用场景以及图像特性来调整匹配窗口的大小，以取得最佳的视差计算效果。