

计算机视觉与模式识别

——图像拼接实验

姚慧敏

2020年12月09日

图像拼接一般步骤

1. 特征点提取与匹配

主要算法：Harris角点、SIFT、SURF等算法

2. 图像配准：

利用匹配点对，估计单应矩阵

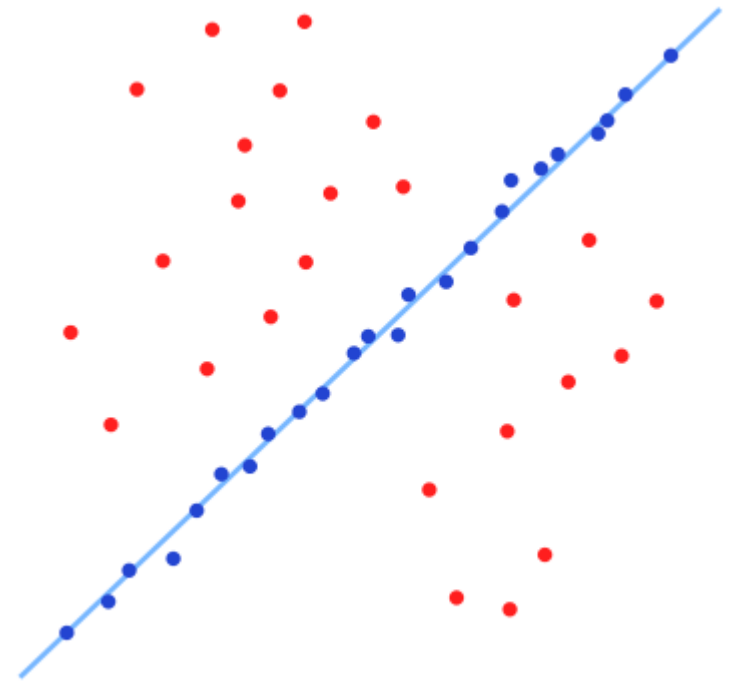
算法：RANSAC算法

3. 图像融合与边界平滑

空间域融合方法、变换域融合方法

RANSAC 算法

- RANSAC是“Random Sample Consensus（随机抽样一致）”的缩写，算法思想是采用迭代的方式从一组包含离群的被观测数据中估算出数学模型的参数。
- 算法过程(以右图为例，计算直线模型):
 1. 两个点唯一确定一个直线方程，所以第一步随机选择两个点;
 2. 通过这两个点，计算出这两个点所表示的直线模型方程 $y=ax+b$;
 3. 将所有的数据点套到这个模型中计算误差，找出“内点”的数目;
 4. 比较当前模型和之前推出的最好的模型的“内点“的数量，记录最大“内点”数的模型参数和“内点”数;
 5. 重复 1~4 这个过程，直到迭代结束或者当前模型已经足够好了(“内点数目大于一定数量”)。



RANSAC 算法-迭代次数推导

假设“内点”在数据中的占比为 w :
$$w = \frac{n_{inliners}}{n_{inliners} + n_{outliners}}$$

每次计算模型使用 N 个点的情况下，选取的点至少有一个外点的情况就是: $1 - w^N$

在迭代 k 次的情况下，能采样到正确的 N 个点去计算出正确模型的概率就是: $P = 1 - (1 - w^N)^k$

通过上式，可以求得:

$$k = \frac{\log(1 - P)}{\log(1 - w^N)}$$

$$t = 0.5, \quad P = 0.99$$

$$k = ?$$

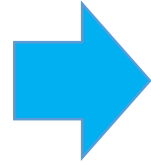
w 通常是一个先验值，如果事先不知道，可以使用自适应迭代次数的方法。也就是一开始设定一个无穷大的迭代次数，然后每次更新模型参数估计的时候，用当前的“内点”比值当成 w 来估算出迭代次数。

单应矩阵估计

➤ 单应矩阵：用来描述物体在世界坐标系和像素坐标系之间的位置映射关系

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \stackrel{H}{=} \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

单应矩阵 H



$$\begin{cases} x' = X/Z = \frac{h_{11}x + h_{12}y + h_{13}}{h_{31}x + h_{32}y + 1} \\ y' = Y/Z = \frac{h_{21}x + h_{22}y + h_{23}}{h_{31}x + h_{32}y + 1} \end{cases}$$



$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} xh_{11} + yh_{12} + h_{13} - xx'h_{31} - yx'h_{32} - x' &= 0 \\ xh_{21} + yh_{22} + h_{23} - xy'h_{31} - yy'h_{32} - y' &= 0 \end{aligned}$$

单应矩阵估计

$$xh_{11} + yh_{12} + h_{13} - xx'h_{31} - yx'h_{32} - x' = 0$$

$$xh_{21} + yh_{22} + h_{23} - xy'h_{31} - yy'h_{32} - y' = 0$$

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1x'_1 & -y_1x'_1 & -x'_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -x_1y'_1 & -y_1y'_1 & -y'_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2x'_2 & -y_2x'_2 & -x'_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -x_2y'_2 & -y_2y'_2 & -y'_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3x'_3 & -y_3x'_3 & -x'_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -x_3y'_3 & -y_3y'_3 & -y'_3 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_4x'_4 & -y_4x'_4 & -x'_4 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -x_4y'_4 & -y_4y'_4 & -y'_4 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



$$\begin{matrix} A \times h = 0 \\ 2N \times 9 \quad 9 \times 1 \quad 2N \times 1 \end{matrix}$$

单应矩阵估计

$$A=UDV^T = U \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{19} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{91} & \cdots & d_{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{19} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{91} & \cdots & v_{99} \end{bmatrix}^T$$

$$h = \frac{[v_{19}, \cdots, v_{99}]}{v_{99}}$$

实验报告

1. **12月21日**之前提交本次实验报告;
2. 以下三个实验, 任选其一作为报告的内容:
 - 1) 两种特征点提取方法对比分析实验;
 - 2) 单应矩阵估计实验
(不可用库函数`cv2.findHomography`);
 - 3) 图像融合实验 (必须含边界缝处理);