

PnP 问题简介

PnP 即为 Perspective-n-Point 的缩写，直译为 n 点透视问题，用于已知空间中 n 个点（可称这些点为参考点）的 3D 世界坐标及其在图像中的 2D 像素坐标的情况下，估计相机的位置和姿态。故而 PnP 问题是一种 2D-3D 的位姿估计问题。在 PnP 问题中，**已知**的有相机内参矩阵 \mathbf{K} 、畸变参数 k_1 及 k_2 、参考点的 3D 世界坐标及 2D 像素坐标；**需要求解**的有相机此时的位姿 \mathbf{R} 和 \mathbf{t} 。

常见的 PnP 解算方法有 DLT（Direct Linear Transform，直接线性变换）、P3P（Perspective-3-Point）、EPnP（Effective Perspective-n-Point）、UPnP（Uncalibrate Perspective-n-Point）、迭代法等。

其中 **DLT 方法**根据点对间的对应关系，直接列写线性方程组，之后通过矩阵运算的方式求解。由于 \mathbf{R} 、 \mathbf{t} 共有 12 个元素，而 1 组对应点可以提供 2 组约束，因此 DLT 方法最少需要 6 组对应点。当对应点数量超过 6 对时，可求解其最小二乘解。

P3P 方法根据 3 组对应点间的相似三角形关系，应用余弦定理，解出点的 3D 相机坐标，将 2D-3D 问题转化为 3D-3D 位姿估计问题，之后可通过 ICP 等算法进行位姿的求解。在求解 3D 坐标的过程中会得出最多 4 组解，因而在这 3 个点之外还需要 1 个点进行验证，以得出最优解。

EPnP 方法根据参考点的所在位置，确定 4 组控制点（2D 像素坐标和 3D 世界坐标），将参考点表示为控制点坐标的加权和的形式，进而求解控制点的 3D 相机坐标。之后根据已知的权值，即可得到参考点的 3D 相机坐标，将 2D-3D 问题转化为 3D-3D 位姿估计问题。EPnP 方法适用于参考点数目大于 3 对时的情况。

UPnP 方法的思路与 EPnP 方法类似，但是由于其在计算控制点的相机坐标的同时也计算出了相机焦距，故而可应用于未标定场景。

迭代法即 BA（Bundle Adjustment，光束平差法），将所要求解的位姿 \mathbf{R} 、 \mathbf{t} 作为优化变量，计算所有对应点的重投影误差，将所有重投影误差求和。之后通过非线性优化的方式，对重投影误差进行最小化，进而得出 \mathbf{R} 、 \mathbf{t} 的最优解。