# 基于姿态传感器的户外ARGIS关键技术

实虚坐标转换和摄像机内外参数求解是户外注册技术的关键组成部分。其中，实虚坐标转换描述注册过程涉及到的转换关系与实现流程，是注册开展的理论基础; 内参求解通过人机标定方法描述用户与硬件设备之间位置关系以及确定不同设备组合产生的误差和相关畸变系数; 摄像机外部参数的求解则涉及到旋转与平移矩阵的求取。

## 虚实套合坐标模型

### GPS坐标到平面直角坐标的转换

GPS获取坐标通常是地理坐标（B，L，H）形式，而AR处理的是大比例尺条件下的地理环境，因此，需要将获取的位置数据通过地图投影转换为投影平面直角坐标系下的坐标。对大比例尺地图，我国通常采用高斯-克吕格投影。

### 平面直角坐标到显示坐标的转换

定位信息转换为平面坐标后，需将该形式坐标转换为摄像机坐标（Xc, Yc, Zc），并建立世界坐标系（Xw, Yw, Zw）来描述用户与注册设备之间的相对位置关系。使用旋转矩阵R3×3与平移矩阵T3×3描述世界坐标系与摄像机坐标系之间的转换关系，即

[Xc Yc Zc 1]T = [Xw Yw Zw 1]T

### 显示坐标到实景坐标的转换

摄像机坐标系下的一点与投射至显示屏幕所对应的像素坐标( u，v) 之间的转换关系可描述为

式中：f、u0、 v0、dx、dy 均为摄像机内部参数，可通过摄像机标定的方法确定。

在实现以上3个坐标转换关系之后，即可确定叠加的AR信息的像素坐标，从而将待添加的模型绘制在屏幕上，完成实虚信息的融合。

## 内部参数求解

在实际注册过程中，由于注册算法性能和硬件设备畴变等原因，坐标转换过程与注册单元组装设计会产生相应误差。人机标定就是通过摄像机采集特制的标定参照物图像，由于参照物上特征点位置相对于世界坐标系在制作时经过精确测定，因此基于参照物上的特征点进行计算即可达到求解内部参数矩阵的目的。采用张正友棋盘标定法，基于开源机器视觉库 Open CV 算法，截取 12 张棋盘真实图像实现摄像机内部参数标定。具体工作流程如图

所示，求解出的内部参数以XML 文件形式存储。

图像采集

截图保存

图像读取

角点识别

棋盘构建

棋盘初始化

人机标定

人机标定流程

## 1.3 外部参数求解

### 1.3.1 平移矩阵求解

平移矩阵T3×3求解需经过GPS坐标与世界坐标的转换才能确定，这是因为定位数据均为基于GPS坐标系获取的经纬度信息，而世界坐标系则以物理长度为单位。以此，需先求出GPS坐标与世界坐标之间的转换系数。此后可根据转换系数与经纬度信息确定世界坐标系下用户位置信息，进而求出平移矩阵。

考虑实际户外注册范围相对较小，采用经(纬) 度 1″代表的实地距离表示转换系数。已知现实世界中 A，B 两点的 GPS 坐标分别为( l1，t1)和( l2，t2) ，则两点间的距离 S 使用经纬度距离公式表示为

式中: 经纬度均采用弧度表示; a = ( t1－ t2) 表示两点纬 度 差; b = ( l1－ l2) 表 示 两 点经 度 差; R=6 378．137 km为地球半径。

求解转换系数: 首先获取 A 点的经纬度值 l1和t1，使B点纬度值t2与t1相同，经度l2与l1相差1″。将A，B两点坐标代入上述公式，求得经度变化1″条件下的转换系数L，即

同理，将经度保持不变，维度之间相差1″，代入纬度距离公式得出维度变化1″的转换系数T为

由于量测过程中存在误差，在求取各转换系数时采用扩大样本数据量求平均值方法来减小量算误差。户外环境下采集关键点坐标并计算转换系数。

当已知世界坐标系原点的经纬度与高程坐标（l0，t0，h）与用户当前坐标（l，t，h）时，利用两者经纬度差值与转换系数可确定用户在世界坐标系下的坐标（Xw，Yw，Zw）,即平移矩阵T3×1可表示为

式中，T0为世界坐标系原点与大地直角坐标系原点之间相差的固定长度。

### 1.3.2 旋转矩阵求解

位姿数据主要通过硬件端口访问相应设备元件实时获取，姿态数据以欧拉角(β，α，φ) 的形式表示， β 表示绕俯仰角，α 表示偏航角，φ表示倾斜角。利用姿态数据求取旋转矩阵为

式中 βc、αc、φc均为摄像机的姿态数据。