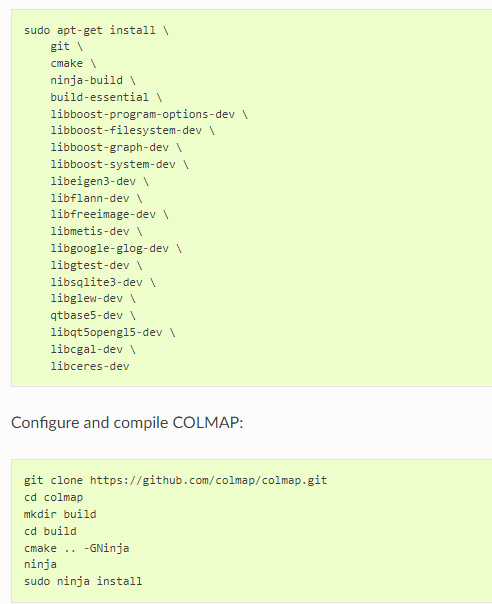
# Colmap SFM部分

官方数据手册：https://colmap.github.io/

## 官方文档关键信息

### 1.0 从源码编译



**需要用户自行安装的三方库：**

Build-essential 包括了：g++编译器for C++、gcc编译器for C、make编译命令、libc6-dev用于编译C++和C的头文件。

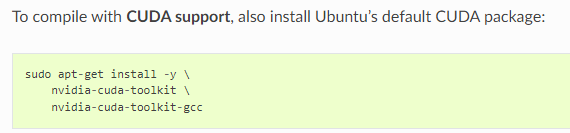
Freeimage：是一个开源工具，封装了对各种图像的操作。

Metis：是一个开源的图割开源算法，<https://github.com/KarypisLab/METIS/>；http://glaros.dtc.umn.edu/gkhome/metis/metis/overview

Sqlite3：是一个开源数据，https://github.com/sqlite/sqlite

Glew：是一个对OpenGL封装的开源库，<https://glew.sourceforge.net/>

如果需要依赖cuda则还要安装下面两个库：



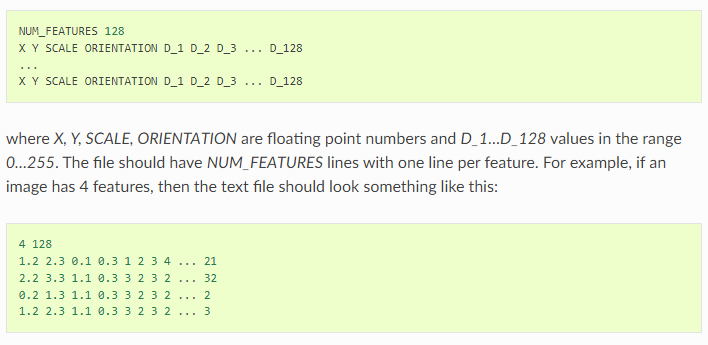
### 1.1 database management

Keypoint会存储两个点的坐标和feature geometry信息。feature geometry存储的信息分成两种情况：第一种情况存储的是尺度和特征点的方向；第二种情况存储的是affinity shape。

描述子存储的是128维度的向量，每个元素都是uint8。

如果图像中包含EXIF 信息，这个信息中通常会包括拍摄相机的内参信息，这时colmap可能会直接使用EXIF中的相机内参数值。

每个图像会提取特征点，每张图像的特征点信息会保存成一个txt文件：



如果你让colmap提取所有图像的特征点，还没有完成时就取消了，那么下次这个工程再加载时会从上次没有提取的图像开始进行提取。

### 1.2 Colmap中匹配模式选择

Exhaustive Matching：所有图像会进行匹配；

Sequential Matching：如果输入的图像是有序的，那么图像的名称必须按照序号进行排列，回环会进行触发。但是你需要先从[https://demuc.de/colmap/#tutorial](https://demuc.de/colmap/" \l "tutorial)下载预训练的词袋模型；

Vocabulary Tree Matching：先用词袋模型计算所有图像的相似度，然后再针对相似的图像进行匹配，这种方式建议在大尺度的重建场景中使用；

Spatial Matching: 如果图像中的EXIF 信息包括GPS信息，那么会根据图像的GPS位置来进行图像的匹配；

Custom Matching:用户自定义匹配对定义，用户指定哪两个图像需要进行匹配；

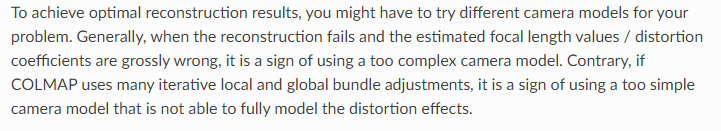
### 1.3 Colmap中的相机模型

SIMPLE\_PINHOLE, PINHOLE：输入的图像已经畸变矫正过了；

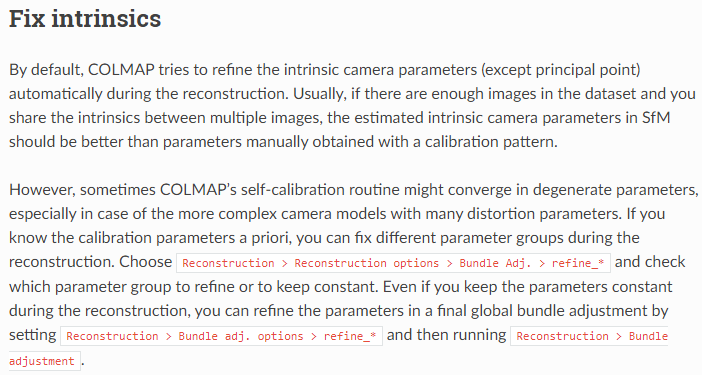
SIMPLE\_RADIAL, RADIAL：相机内参未知，并且每个图像的内参可能都会不同；

OPENCV, FULL\_OPENCV：如果提前知道标参数，并作为初值，用于后续的优化；

SIMPLE\_RADIAL\_FISHEYE, RADIAL\_FISHEYE, OPENCV\_FISHEYE, FOV, THIN\_PRISM\_FISHEYE：用于鱼眼模型；



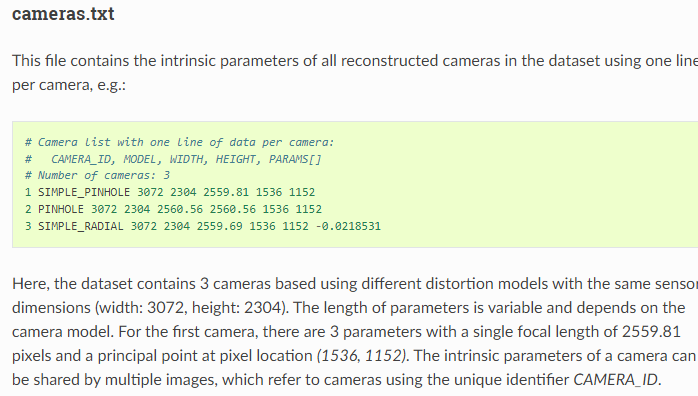
优化的过程中固定相机内参设置：

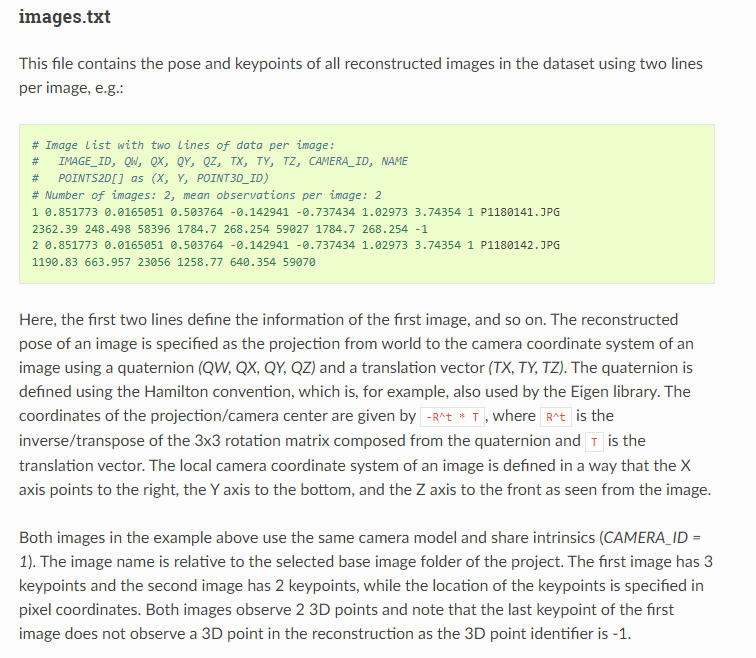


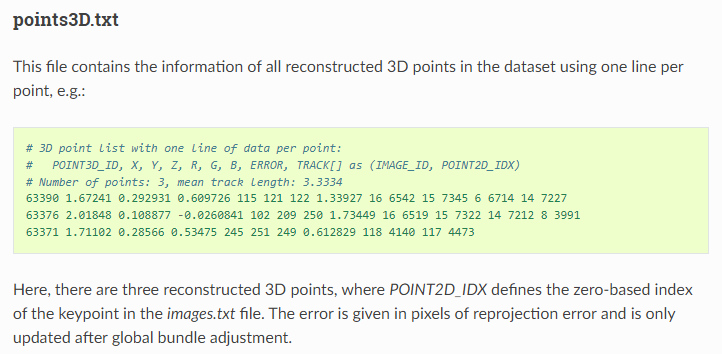
### 1.4 数据导出

Colmap能够导出各种数据，导出的数据结构详见：[https://colmap.github.io/format.html#output-format](https://colmap.github.io/format.html" \l "output-format). 导出的格式可以是二进制或者是方便人阅读的txt。

Colmap导出的数据分为三个部分：相机，特征点和图像：







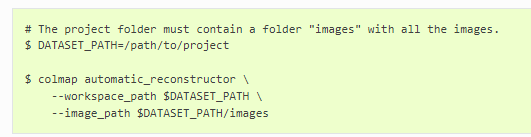
### 1.5 数据集下载

<https://demuc.de/colmap/datasets/>

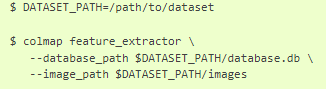
### 1.6 启动命令

<https://colmap.github.io/cli.html>

不打开可视化工具进行自动稀疏和稠密重建：



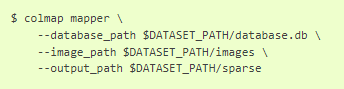
特征提取：



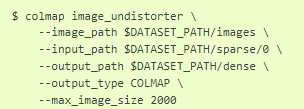
匹配：



Sfm稀疏重建：



图像畸变矫正：



## FeatureKeypoint仿射矩阵

对于一个特征点可以使用xy方向的尺度变量(scale\_x, scale\_y)、旋转矩阵(theta)和剪切变量(shear)，完整的2\*2的仿射矩阵定义如下：

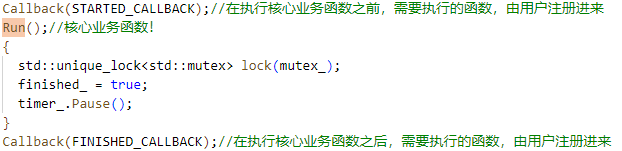
## TwoViewGeometry数据结构

需要使用一个数据结构来存储两个图像之间的几何位姿变换，其中包括：essential matrix, fundamental matrix，se3位姿变换和单应性矩阵。

## 任务队列实现分析

在Colmap中作者为了简化任务流，实现了一个抽象的队列和各个任务线程。作者实现了一个Thread类，在这个类中有两个核心的函数和一个变量：

**Start函数**：是一个框架函数，会先后调用**callbacks\_**变量中注册的函数和**Run**函数，这个函数一旦调用表示会启动一个线程执行如下图所示的代码：

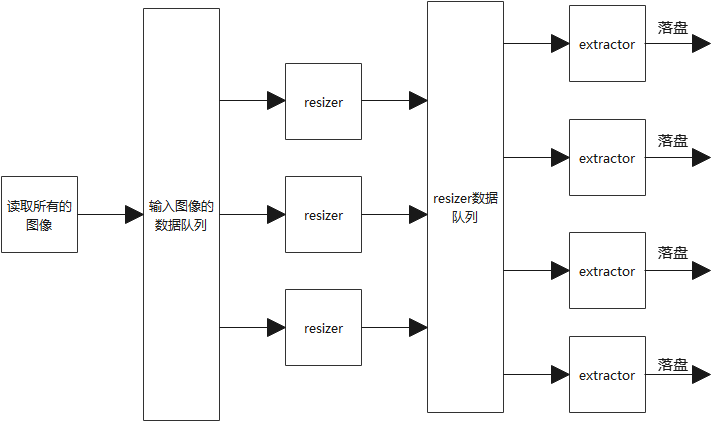


**Run函数**：当子类继承Thread后，只要覆写这个函数即可，本质上这个函数里面的内容是实际执行的代码。这个函数是核心业务逻辑函数。

**callbacks\_变量**：在RunFunc函数执行之前和之后，可能用户都想要执行一些特别的任务，Thread类提供了这样的一个函数变量，允许用户将想要执行的函数注册进来。

这么做的函数是将算法的核心代码和业务的数据流转彻底分离开。

但是如何实现数据的流转呢？例如特征点提取任务由resize图像和在图像上提取特征点两个部分组成。在colmap实现的过程中，会启动N个resize图像线程，和M个图像上提取特征点线程，下图所示我们举例N=3，M=4。



我们想要达成的效果是将图像一张张读取进来，然后塞入到输入图像队列中，然后resizer从此队列中取数据并进行处理，处理完成后将数据放入到resizer队列中，然后extractor从此数据队列取数据，extractor完成任务后将处理完成的数据进行落盘。

那么colmap中是如何实现上面的功能的呢？

1.在FeatureExtractorController类的构造函数先构建数据的流向：



上图中红色方框圈出来的数据，就是作者自己定义的用于多线程进行共享的数据队列。

2.然后在启动函数中，启动N个resizer线程和M个特征提取线程。 这些线程程序会不停的询问输入队列中是否有数据，如果有数据那么立刻进行执行。

3.最后从硬盘中读取图像，塞入到输入图像数据队列，对应上面代码的resizer\_queue变量。

## 描述子匹配

在进行两张图像特征点进行匹配时，在FindBestMatchesOneWayFLANN函数中使用了如下的方法保证匹配的有效性，遍历图像a中的所有特征点A，从图像b中寻找哪个特征点距离这个a中的这个特征点距离近，把最近的那两个特征点保存下来，记为B1和B2。

再计算d1=(A,B1)和d2=(A,B2)之间的距离，如果距离太大则不满足条件，然后将d1和d2进行排序，然后最近的距离要比第二近的距离足够小才行。具体实现详见FindBestMatchesOneWayFLANN函数。

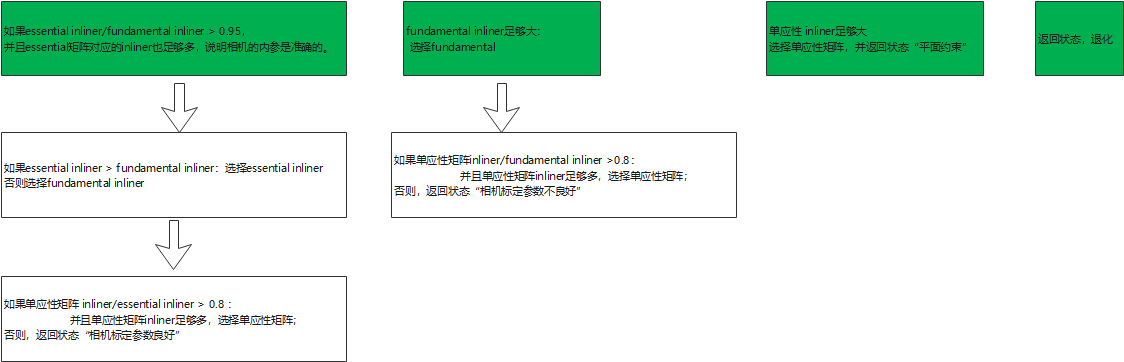
## 特征匹配几何校验

给定两张仅依靠描述子匹配的图像，然后通过几何来验证匹配的结果是否正确，并通过Ransac算法返回正确匹配的inliner。根据描述子匹配的特征点，优先级是按照如下进行计算的：

Essential\_matrix > fundamental matrix > 单应性矩阵

如果图像的相机没有标定是不计算essential matrix的。

选择基本原则：



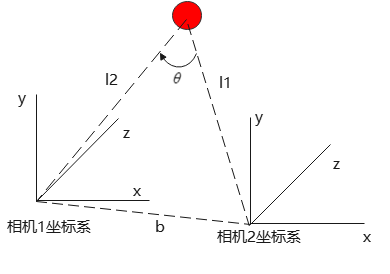
有四个大的条件（绿色方框），从左到右，如果第一个条件满足就直接进入这个条件判断，在代码上实现是用if else if实习的。

在通过上面四个大条件选择出最优的inliner后，还要进行DetectWatermark检测：

首先判断最优的inliner中有多少个inliner匹配对的点都在图像边缘，如果在边缘的个数太少，则直接认为watermark失败；如果边缘个数足够多，则使用ransac算法，拟合translation only模型，并计算inliner，如果这个inliner/最优inliner足够大，则返回状态“watermark”,并选择translation only得到的inliner作为最终的匹配对。

注：translation only模型是根据两个像素坐标相减，计算得到一个二维的向量。

## 七、CalculateTriangulationAngles



已知两个相机三角化点的坐标，如上图红色的点。和两个相机的相对位置。根据余弦定理计算夹角θ。

## 八、PoseFromEssentialMatrix

## 九、PoseFromHomographyMatrix

## 十、TriangulatePoint

已知两个图像对应匹配的像素坐标，和两个图像在世界坐标系下的位姿，然后三角化这个点在世界坐标系下的坐标：

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/456361453>

<https://blog.csdn.net/weixin_37953603/article/details/108035773>

## reprojection

|  |
| --- |
| template <template <typename> class CostFunction, typename... Args>  ceres::CostFunction\* CameraCostFunction(const CameraModelId camera\_model\_id,  Args&&... args) {  switch (camera\_model\_id) {  #define CAMERA\_MODEL\_CASE(CameraModel) \  case CameraModel::model\_id: \  return CostFunction<CameraModel>::Create(std::forward<Args>(args)...); \  break;  CAMERA\_MODEL\_SWITCH\_CASES  #undef CAMERA\_MODEL\_CASE  }  } |

上面