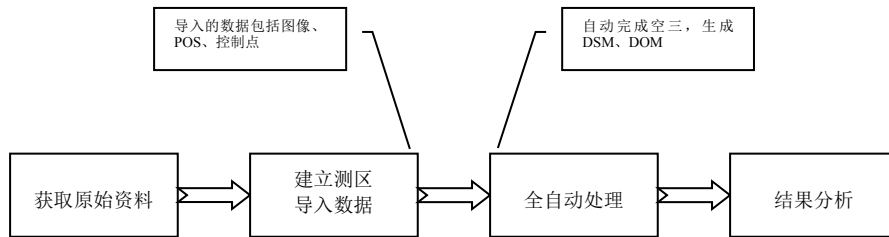


中海达 Pix4Dmapper 简易作业手册（航测版）

1 作业流程图.....	2
2 原始资料准备.....	2
3 建立工程并导入数据.....	3
3.1. 建立工程.....	3
3.2. 加入影像.....	3
3.3. 设置影像属性.....	4
4 快速处理检查（可选）	5
5 加入控制点.....	6
5.1 方法 1：使用像控点编辑器加入控制点.....	6
5.2 方法 2：在空三射线编辑器中刺出控制点。	7
5.3 方法 3：在空三射线编辑器中使用预测控制点功能标记控制点。	9
6 全自动处理.....	11
6.1 初始化设置.....	11
6.2 点云加密.....	12
6.3 数字表面模型及正射影像生成.....	13
7 质量报告分析.....	15
7.1 区域网空三误差.....	15
7.2 相机自检校误差.....	15
7.3 控制点误差.....	15
8 点云以及正射影像编辑输出.....	16
8.1 编辑点云数据，成果可直接输出.....	16
8.2 编辑正射影像.....	16
9 常见问题.....	18
9.1 出低精度快拼影像.....	18
9.2 多个工程融合.....	18
9.3 区域输出成果.....	19
9.4 点云中编辑 DSM.....	20
9.5 项目路径文件结构.....	22

1 作业流程图



2 原始资料准备

原始资料包括影像数据、POS 数据以及控制点数据。

确认原始数据的完整性，检查获取的影像中有没有质量不合格的相片。同时查看 POS 数据文件，主要检查航带变化处的相片号，防止 POS 数据中的相片号与影像数据相片号不对应，出现不对应情况应手动调整。

POS 数据一般格式如下图，从左往右依次是

相片号、	经度、	维度	高度	航向倾角 φ	旁向倾角 ω	相片旋角 κ
DSC01046.JPG	41.738411	86.126944	1298	2.125887	3.914168	4.022431
DSC01047.JPG	41.738947	86.126944	1305	12.634470	3.598307	-4.632181
DSC01048.JPG	41.739480	86.126975	1308	22.093843	3.040742	-2.478828
DSC01049.JPG	41.739942	86.127008	1312	6.212863	-2.378347	-5.653925
DSC01050.JPG	41.740450	86.126975	1312	4.597848	-4.658045	3.582971
DSC01051.JPG	41.740954	86.126964	1308	15.644770	-3.196841	-3.978485

注意：Pix4Dmapper 软件只需要相片号、经度、维度和高度就能计算

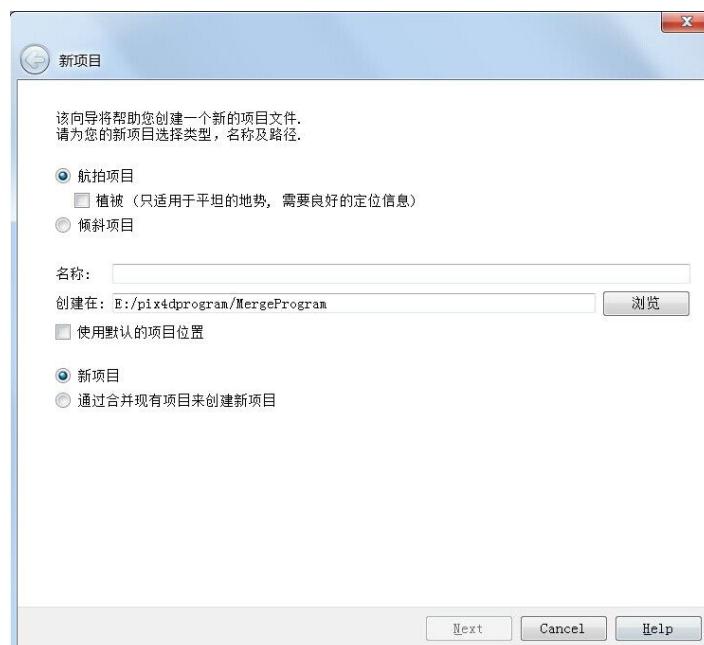
控制点文件，控制点名字中不能包含特殊字符。控制点文件可以是 TXT 或者 CSV。

9102701		510663.429	4623422.213	932.844
9112502		510251.63	4623448.686	931.713
9111503		510186.64	4623153.16	928.621
9105004		510169.514	4622822.759	929.934

3 建立工程并导入数据

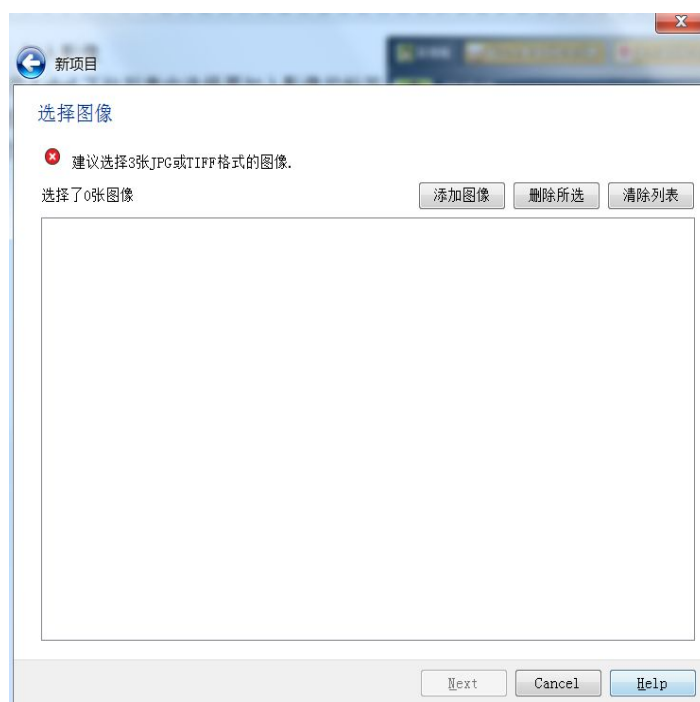
3.1. 建立工程

打开 pix4dmapper，选项目 -新建项目，在弹出来的对话框中设置工程的属性，如下图所示，选上航拍项目，不勾植被和倾斜项目，然后输入工程名字，设置路径（工程名字以及工程路径不能包含中文）。新建项目选上，然后选择下一步 Next。



3.2. 加入影像

点添加图像，选择加入的影像。影像路径可以不在工程文件夹中，**路径中不要包含中文**。点 Next。



3.3. 设置影像属性

✓ 图像坐标系

设置 POS 数据坐标系，默认是 WGS84（经纬度）坐标。

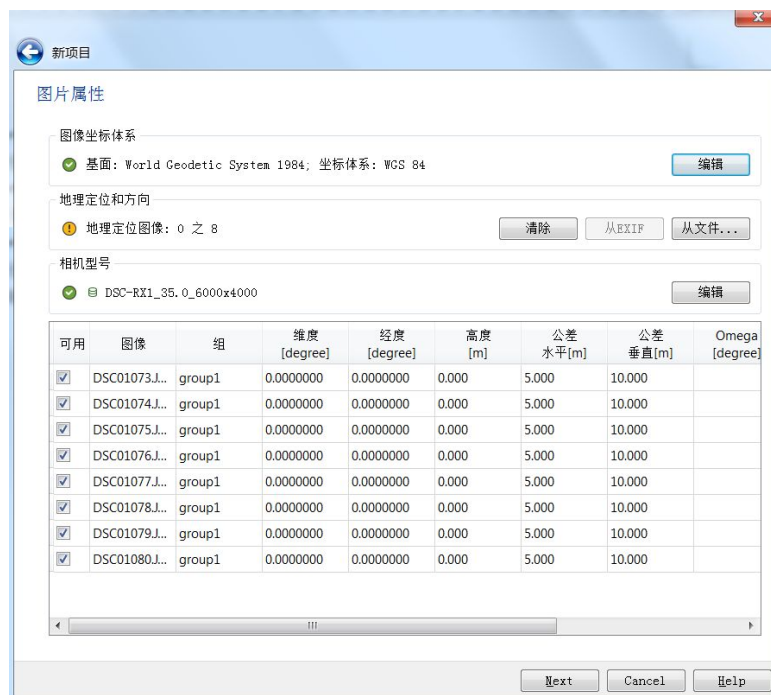
✓ 地理定位和方向

设置 POS 数据文件，点从文件选择 POS 文件。

✓ 相机型号

设置相机文件。通常软件能够自动识别影像相机模型。

确认各项设置后，点 Next 进入下一步。然后点击 Finish 完成工程的建立。



4 快速处理检查（可选）

这一步可以不做，只是起到一个检查作用。

快速处理出来的结果精度比较低，所以快速处理的速度会快很多。因此快速处理建议在飞行现场进行，发现问题方便及时处理。如果快速处理失败了，那么后续的操作也可能出现相同结果。

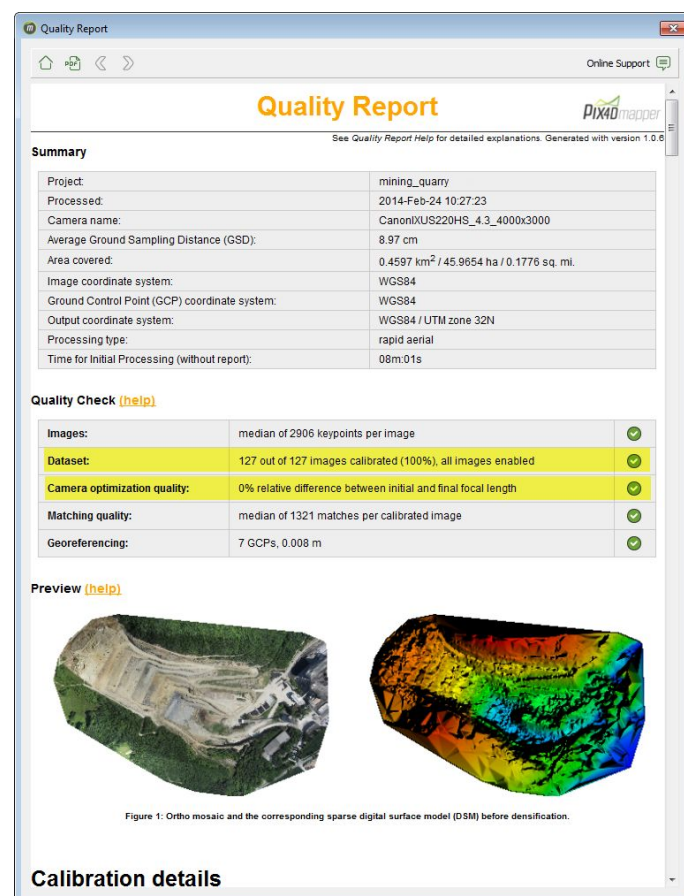


点运行，选择本地处理。设置如下图，初步处理和快速检测选上，其他不选，点开始，等待软件运行完，可以查看快速处理得到的成果（一张的影像拼图），检查快速处理质量报告。

质量报告主要检查两个问题，Dataset 以及 Camera optimization quality。

Dataset(数据集): 在快速处理过程中所有的影像都会进行匹配，这里我们需要确定大部分或者所有的影像都进行了匹配。如果没有就表明飞行时相片间的重叠度不够或者相片质量太差。

Camera optimization quality (相机参数优化质量): 最初的相机焦距和计算得到的相机焦距相差不能超过 5%，不然就是最初选择的相机模型有误，重新设置。



5 加入控制点

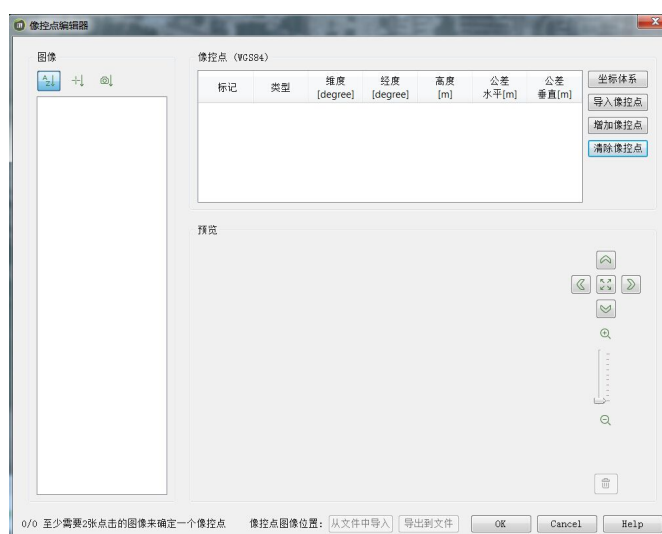
控制点必须在测区范围内合理分布，通常在测区四周以及中间都要有控制点。要完成模型的重建至少要有 3 个控制点。通常 100 张相片 6 个控制点左右，更多的控制点对精度也不会有明显的提升（在高程变化大的地方更多的控制点可以提高高程精度）。控制点不要做在太靠近测区边缘的位置，控制点最好能够在 5 张影像上能同时找到（至少要两张）。

5.1 方法 1：使用像控点编辑器加入控制点

这种方法需要逐个控制点在相片上刺出，刺出后可以由软件自动完成初步处理、生成点云、生成 DSM 以及正射影像。

5.1.1 加入控制点文件

点项目，选择像控点编辑器。出现如下对话框。点击增加像控点后，图像会出现在对话框中，可以逐个刺出控制点。

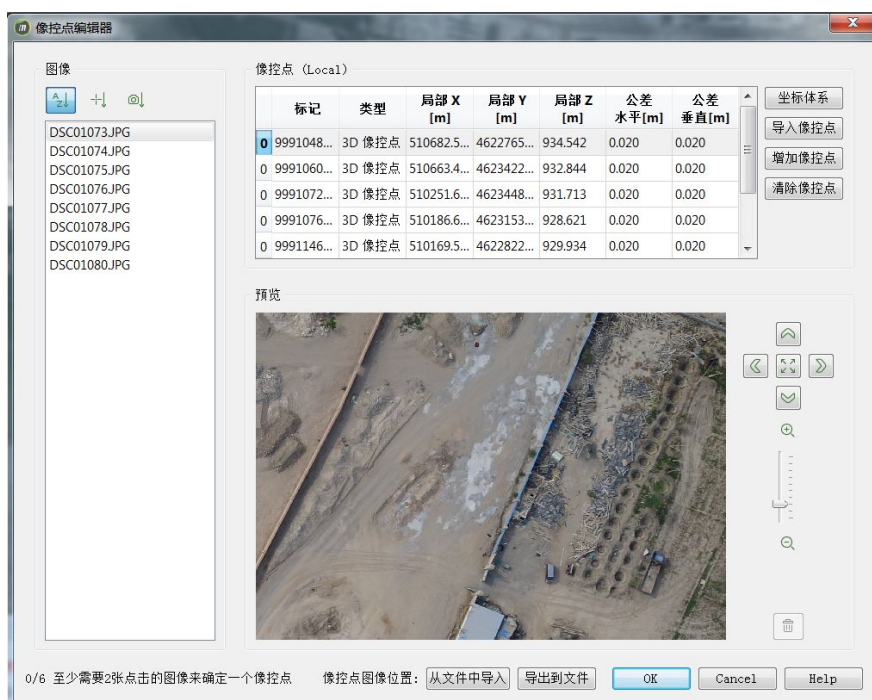


选择导入像控点。在出来的对话框中设置像控点坐标系、导入像控点文件（csv 格式）。



5.1.2 在图像上刺出控制点

在左侧的图像列表中选中图像，右侧就会显示出该图像。在对应的位置上，鼠标左键击图像中的点，标出控制点位置。一个控制点最少要在两张图像上标出来，通常建议标注在 3-8 张图像上。在质量报告中会显示是否需要在更多的图像上标出控制点。



设置完成后，点 OK。控制点就加入到了工程里面。

5.2 方法 2：在空三射线编辑器中刺出控制点。

这种方法先进行初步处理后在空三射线编辑器显示控制点，是通过 POS 数据预测出所有控制点位置。这种情况适用于软件坐标系统库中可以找到 POS 数据坐标系统与 GCP 坐标系统，这两个坐标系统不一定要相同，软件会自动将他们转化成同一个坐标系统。使用这种方法添加控制点，在初步处理后需要手动设置控制点。

5.2.1 加入控制点到工程中

按照 5.1.1 的步骤，加入控制点到工程中。不把他们在图像上标注出来。

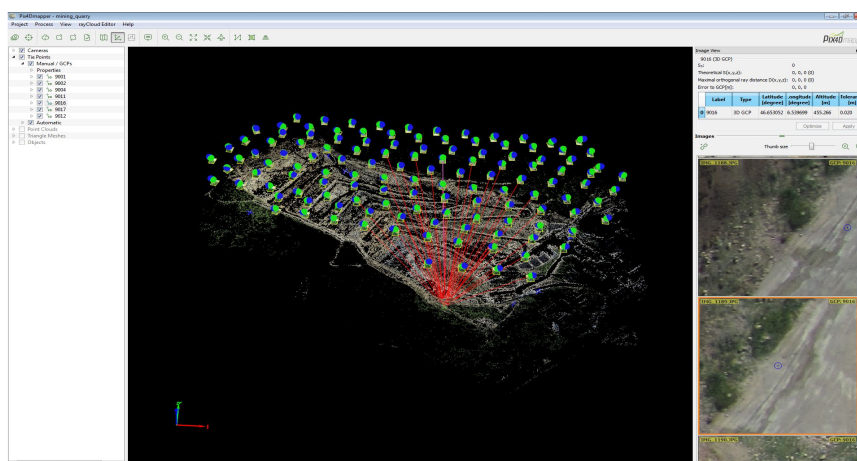
5.2.2 完成初步处理

点击菜单栏运行，选择本地处理，把初步处理以及高精度处理选上，点云以及正射影像先不生成。点开始进行处理。

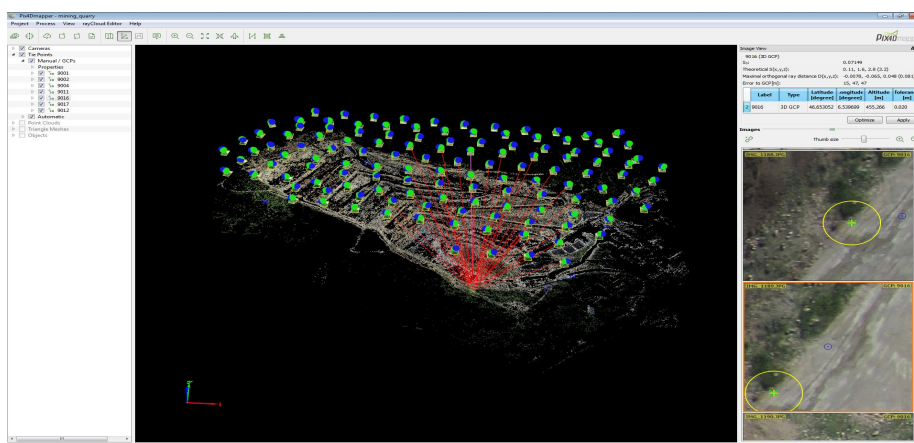


5.2.3 在空三射线编辑器中刺出控制点 GCP。

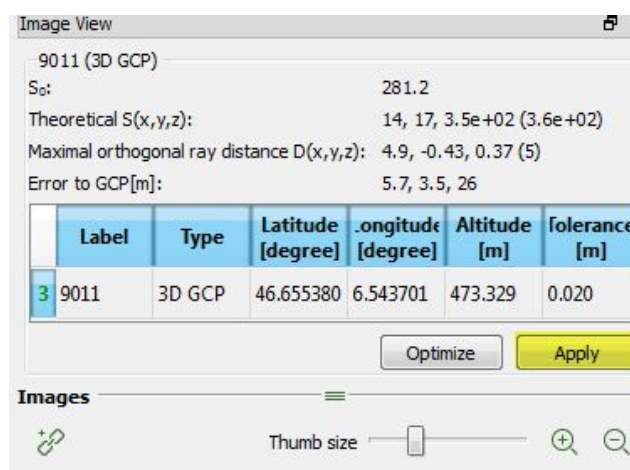
点击菜单栏的视图，打开空三射线编辑器，可以看到生成的连接点以及系统预测的控制点位置（蓝色的圆圈，中间有一个小点），如下图所示。



在左侧的列表框中会显示这个控制点所在的所有图像的相片，在每张相片是上左击图像，标出控制点的准确位置（至少标出两张）。这时控制点的标记会变成一个黄色的框中间有黄色的叉，表示这个控制点已经被标记（标了两张相片后，这个标记中间多了一个绿色的叉，则表示这个控制点已经重新参与计算重新得到的位置）。如下图所示。



检查其他影像上的绿色标志，如果绿色标记与控制点位置能够对应上，那么这个控制点不需要再标注，否则需要在更多的影像上标记出这个控制点。当所有图像中的绿色标记的位置都在正确的位置上以后，点 APPLY（应用）。如下图。



然后对其他控制点分别进行上面的操作。当所有的点都标记完成后，点菜单栏运行，选择 Reoptimize（重新优化），把新加入的控制点加入重建，重新生成结果。检查质量报告。

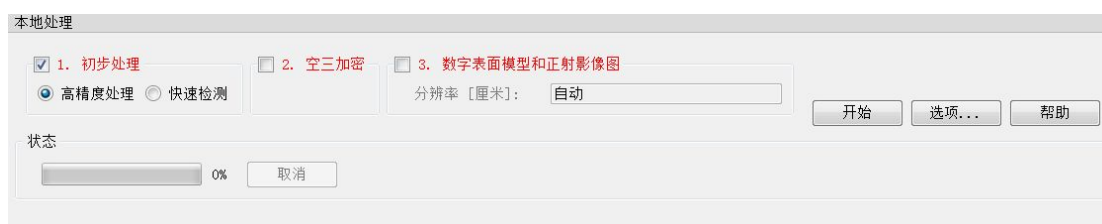
5.3 方法 3：在空三射线编辑器中使用预测控制点功能标记控制点。

这种方法先进行初步处理后，在空三射线编辑器中设置 3 个控制点，确定坐标系统，然后系统自动计算出其他控制点的位置。这种方法适用于以下两种情况：

- 没有影像位置数据 POS 数据，但是有地面控制点数据。
- GCP 数据坐标系统与 POS 数据坐标系统关系未知(互相之间不知道怎么转化)。

5.3.1 完成初步处理

点击菜单栏运行，选择本地处理，把初步处理以及高精度处理选上，点云以及正射影像先不生成。点开始进行处理。



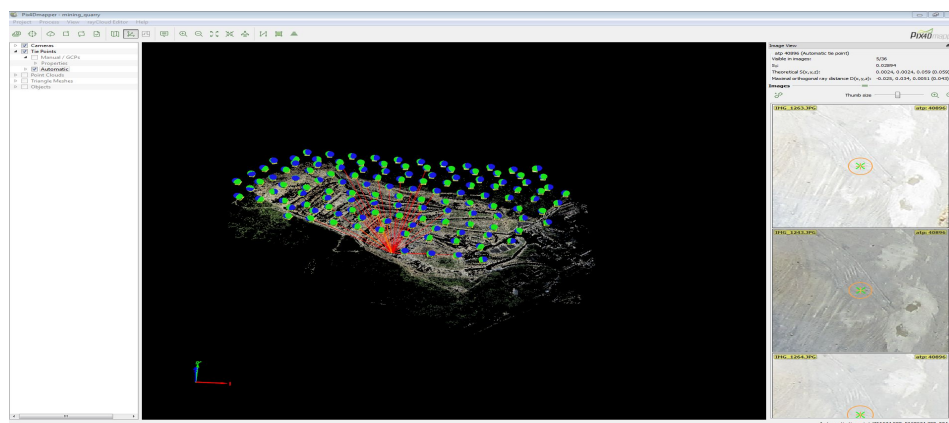
5.3.2 设置 GCP 坐标系统


点击菜单栏项目，选择像控点编辑器，在出现的对话框中点击坐标系，出现如下对话框，选择坐标系统的输入方式。设置好 GCP 坐标系统后点 OK。

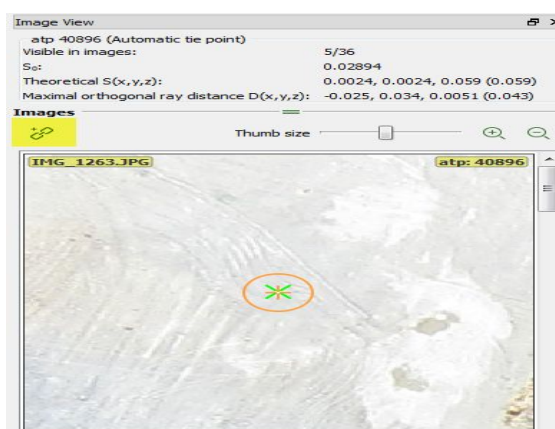


5.3.3 在空三射线编辑器中刺出 GCP

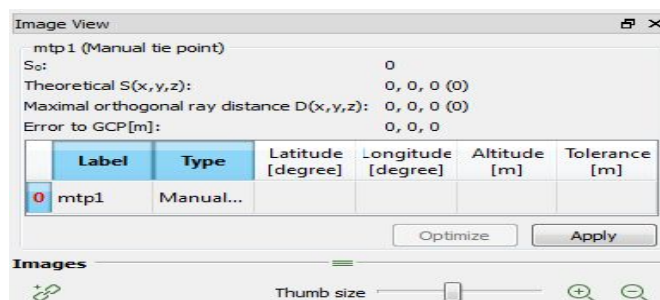
点击菜单栏视图，选择空三射线编辑器，出现如下视图，软件生成的连接点会显示在三维视图中。在三维视图中点击靠近控制点附近位置的点，在右侧的视图找到该控制点的准确位置。



点击  新建连接点。



出现如下对话框，在表格中双击单元格设置该控制点的属性。名称、类型（设置为 3DGCP）、坐标、允许误差等。



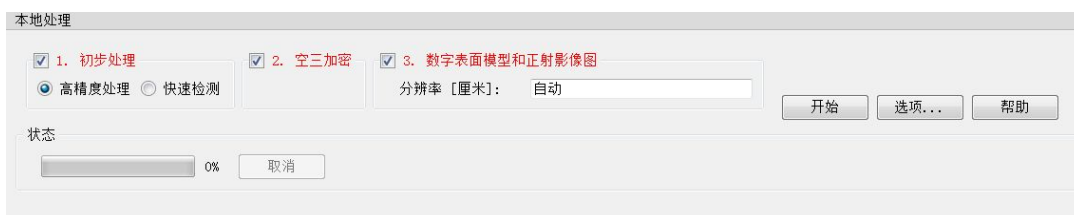
在右侧的影像视图中左键点击影像，在两张影像上面刺出这个控制点的准确位置。在一张影像上刺出这个控制点后，该位置会出现一个黄色的标记，在另外一张相片上刺出这个控制点后，点击 **Optimize**，该控制点在所有相片上相应的位置会有一个绿色的标记，表示系统自动计算出来的位置。检查绿色的标记与实际控制点位置是否一致。确认无误后点击 **Apply**。

按以上步骤添加 3 个控制点后，按照 5.1.1 的方法把剩下的控制点添加到工程中。系统会自动计算出新加入的控制点的位置信息，并且以蓝色的圈圈中间有一个点的标记表示。调整控制点的位置使之与实际位置对应，方法类似 5.2.3。逐个检查控制点的位置，没有问题后点击 **Apply**。然后继续设置其他控制点。

当所有控制点添加完成后，点击菜单栏运行，选择重新优化。软件会把新加入的控制点参与重新计算。

6 全自动处理

点击菜单栏运行，选择本地处理，系统出现如下对话框。

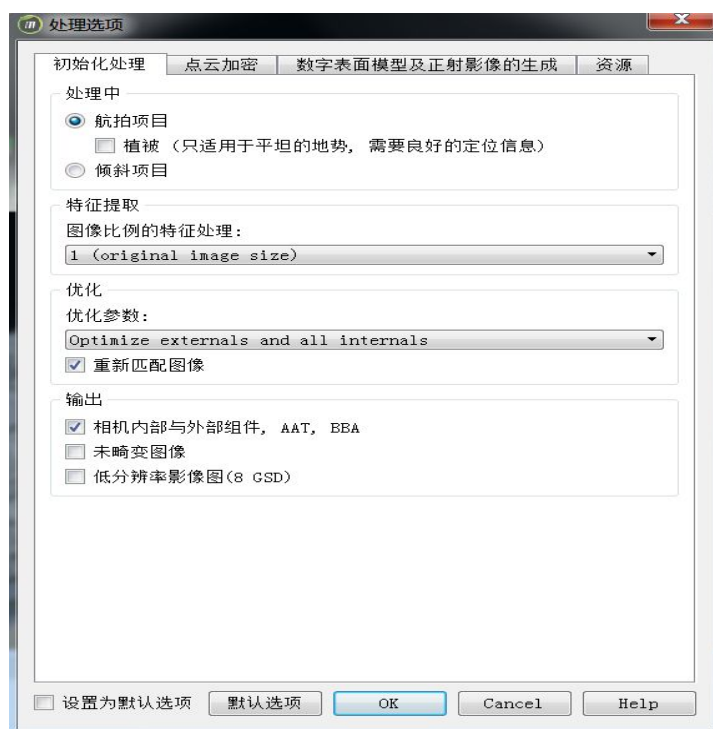


在前面添加控制点过程中，如果初步处理已经运行了（使用方法 2 以及方法 3 选项添加控制点），那么这里就不需要再次运行了。根据需要选择所需要运行的步骤，点击开始按钮运行。

开始处理前的一些设置（这里一般都是默认）

可以设置生成的点云以及正射影像的范围，地图视图> 正射影像区 > 绘定设置生成正射影像的范围，点云方法相同。

6.1 初始化设置



Processing 格子中前面以及提及，这里不重复。

a. 特征匹配

设置处理单位像素大小，越大效果越好，花的时间也越多。越小耗时越小。

b. 优化

环节包括了多次的空中三角测量、光束法局域网平差以及相机自检校计算。Internal camera parameters、External camera parameters 内部参数以及外部参数（可以分别理解为内方位元素以及外方位元素）。

- ✓ Optimize external and all internal 通常无人机震动比较大，所以建议选这个，两个都进行优化计算。

- ✓ **Optimize external only** 仅优化外部参数，如果使用的相机已经进行严格的检校，而且相机参数一定要被使用，我们会选这个选项。
- ✓ **Optimize externals and leading internals** 优化外部参数以及主要的内部参数。对于视角相机模型主要的内部的参数包括相机焦距以及两个径向畸变参数，对于鱼镜头模型是指相机参数的多项式系数。
- ✓ **重新匹配影像** 选项对影像进行更多的匹配，会得到更好的匹配效果。在测区内有大量植被、森林时建议选上，选上会增加处理时间。
- c. **输出**
 - ✓ **Camera internals and externals, AAT, BBA**
生成相机内部参数以及外部参数、空三文件、区域网光束平差文件。
 - ✓ **未畸变影像**
畸变纠正影像。（如果提供了相机参数，在 `processing-save undistorted images` 中可以生成畸变纠正影像）
 - ✓ **低分辨率影像图**
勾选上可以生成低分辨率的影像图（快拼图）。

6.2 点云加密



a. 像素比例

- ✓ Pixel Matching 图像比例
- ✓ 设置的越大生成的点越多，得到细节越多，花的时间也越多。
- ✓ Multiscale 多重比例 选上后会额外生成多的 3D 点，体现更多的细节。
- ✓ Point density 点云密度，越大越慢，越小越快。
- ✓ Minimum number of matches per 3D point 最少匹配数：点云中每个点至少要在几张相片上有匹配点。3 是默认的，通常在影像重叠度不是很高选 2，得到的点云质量不是很高。选 4 会提高点云质量减少质量但是得到的点数量会减少。

b. 点云过滤器

- ✓ 使用点云加密区

如果已经画了一个加密区域，那么勾选上这个后，生成的成果只有这个区域内。

- ✓ 使用注解

注解可以生成一些输出成果，这些成果可以用来改变 RayCloud 视图中加密点云与致密点云的视觉效果。

- ✓ 使用噪音过滤半径

勾选上后可以设置点云噪音过滤模板的大小，模板越大删去的点越多，得到的结果越平滑，模板越小保留的点越多。通常设置 6-15 可以得到更多的细节。

- ✓ 使用点云平滑

一旦使用噪音过滤，那么根据点云会有一个表面生成，这个表面会有很多不正确的小疙瘩，使用点云平滑可以改善这些疙瘩。

类型：sharp 可以保留更多的转角、边缘特征。Smooth 平滑整个区域。Medium 是前两者的一个综合。

半径：设置平滑算法模板的半径。设置为 0 时不做平滑，设置为默认时可以保留一些栏杆、天线等特征。设置大于 20 时会平滑尖锐的区域。

c. 输出

XYZ 是空间坐标文件、LAS 是 LiDAR 点云文件、LAZ 是 LAS 压缩文件。

6.3 数字表面模型及正射影像生成



a. 栅格数字表面模型(DSM)

GeoTiff：保存 DSM 为 GEOTIFF 文件

合并瓦片：生成一个融合的大文件，没有选上的话生成的 DSM 是分块的。

b. 坐标方格 DSM

设置坐标 DSM 格式，XYZ 选项下 Spacing 为生成的 3D 点距离。

c. 正射影像图

- ✓ GeoTiff 选上后可以输出正射影像图。Weighted Average（加权平均）选项是默认的，如果选择 Multi-band Blending，那么处理速度会加快，但是在一些边边角区域会出现更多艺术效果。
- ✓ 谷歌地图瓦片和 KML 这个选项生成 KML 文件和可以在 GoogleMaps 中显示生成的影像。

d. 三角模型

用正射影像、DSM 生成 OBJ 格式文件。（在三维建模时使用，可以在 3DMAX 中打开）

e. 等高线

设置生成的等高线文件格式。

- ✓ 基地轮廓：设置开始生成等高线高程。
- ✓ 海拔区间：设置等高线距离（等高距）。

7 质量报告分析

主要关注区域网空三误差、自检校相机误差、控制点误差。

7.1 区域网空三误差


区域网空三误差如下图，Mean reprojection error 就是空三中误差，以像素为单位。相机传感器上的像素大小通常为 6 微米 (μm)，不同相机可能不一样。换算成物理长度单位就是 $0.166577 \times 6 \mu\text{m}$ 。

Bundle Block Adjustment details

Number of 2D keypoint observations for Bundle Block Adjustment	2421255
Number of 3D points for Bundle Block Adjustment	748374
Mean reprojection error	0.166577 [pixels]

7.2 相机自检校误差

上下两个参数不能相差太大（例如 Focal length 上面 33.838mm，下面是 20mm，那么肯定是初始相机参数设置有问题），R1、R2、R3 三个参数不能大于 1，否则可能出现严重扭曲现象。

Internal Camera Parameters  DSC-RX1_35.0_6000x4000. Sensor dimensions: 36 [mm] x 24 [mm]

EXIF ID: DSC-RX1_35.0_6000x4000

	Focal length	Principal point x	Principal point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial values	5639.667 [pix] 33.838 [mm]	3000.000 [pix] 18.000 [mm]	2000.000 [pix] 12.000 [mm]	-0.046	-0.182	0.269	-0.001	0.000
Optimized values	5654.647 [pix] 33.928 [mm]	3003.492 [pix] 18.021 [mm]	1984.455 [pix] 11.907 [mm]	-0.032	-0.288	0.463	0.000	-0.000

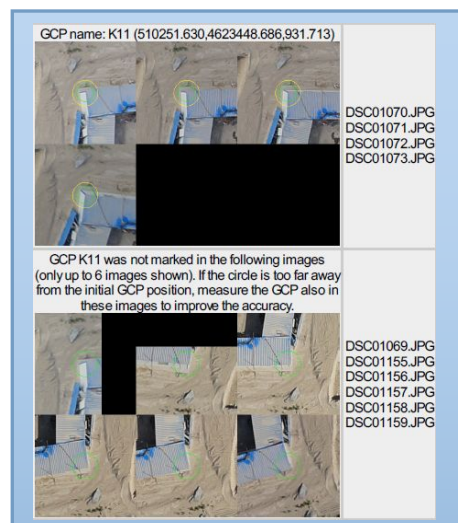
7.3 控制点误差

ErrorX、ErrorY、ErrorZ 为三个方向的误差。

Geolocation and Ground Control Points

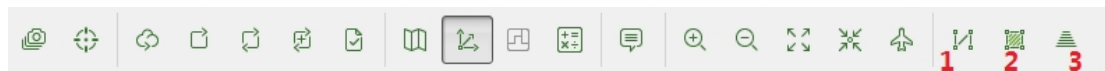
GCP name	Tolerance XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection error [pixel]	Verified/Marked
3D GCP: 9991060011	0.020/ 0.020	-0.081	0.125	0.262	0.467	4 / 4
3D GCP: 9991072010	0.020/ 0.020	0.063	-0.003	0.099	1.568	8 / 8
3D GCP: 9991076009	0.020/ 0.020	0.085	-0.017	0.100	0.882	5 / 5
3D GCP: 9991146008	0.020/ 0.020	-0.021	-0.019	-0.052	0.745	4 / 4
3D GCP: 9991147002	0.020/ 0.020	-0.030	-0.119	-0.054	0.566	6 / 6
3D GCP: 9991048001	0.020/ 0.020	-0.049	0.097	-0.021	0.839	5 / 5
Mean		-0.005480	0.010685	0.055497		
Sigma		0.059411	0.080966	0.112443		
RMS error		0.059663	0.081668	0.125393		

同时，在精度报告的结尾，可以显示控制点在哪些相片中已经刺出来，还有哪些相片没有刺出来。如果精度不够好，根据需要可以在这些相片中刺出这些点，提高精度。

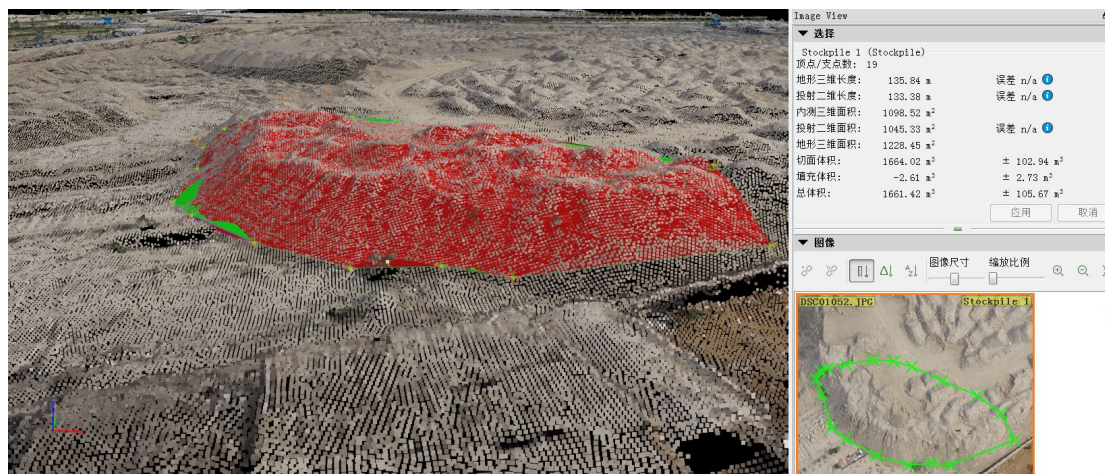


8 点云以及正射影像编辑输出

8.1 编辑点云数据，成果可直接输出



1. 曲线对象创建功能，可直接获取高程点、量取地物距离长度；
2. 平面对象创建功能，可实现地物面积量取；
3. 堆存对象创建功能，可实现体积计算，如下图所示，为堆叠对象创建，可直接在点云上量取表面积以及体积等物理信息。



8.2 编辑正射影像

完成第三步骤的操作以后，就到了出正射影像成果

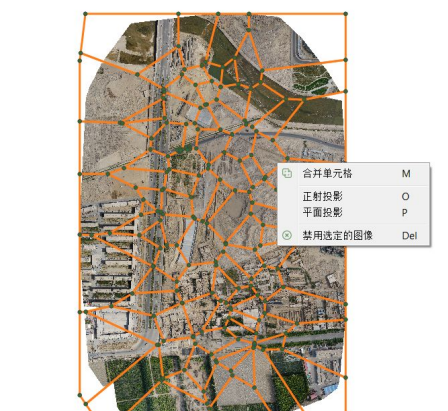
这一阶段流程是：调整拼接线——投影切换——混合影像——正射影像成果

✓ 调整拼接线：

根据生成的初步成果，调整拼接线，进行拼接线调整的时候，主要的调整对象是影像上的房屋以及道路这些位置，这些地方图像拼接的时候最容易出现扭曲，错位，所以是重点调整对象；

✓ 投影切换：

全选所有的拼接影像，鼠标右键点开功能表，选取平面投影 p，这个步骤可以初步解决影像的拉花、变形的现象，然后需要人工检查，个别影像需要人工操作切换影像以达到更好的成像效果；



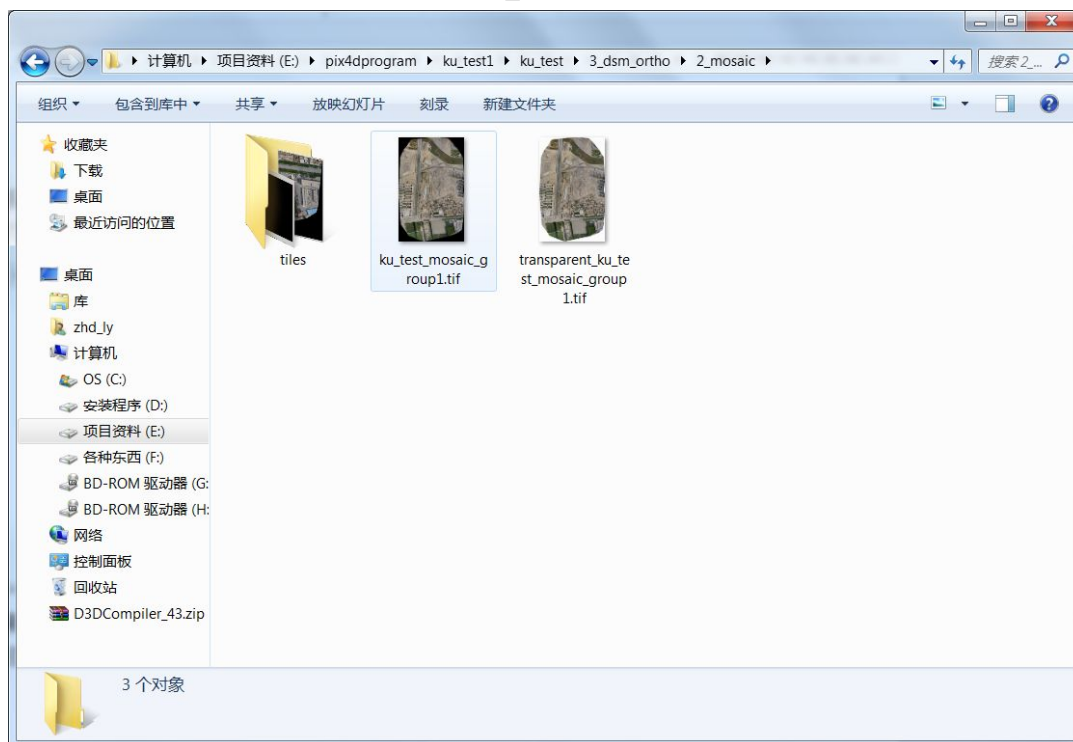
✓ 混合影像：

进行前面一系列的操作之后，切换到混合影像功能，在右方界面点击混合影像按钮，便可生成最终的正射影像成果



✓ 正射影像成果：

成果输出路径为预设保存路径内的 2_mosaic 文件中，例如下图：

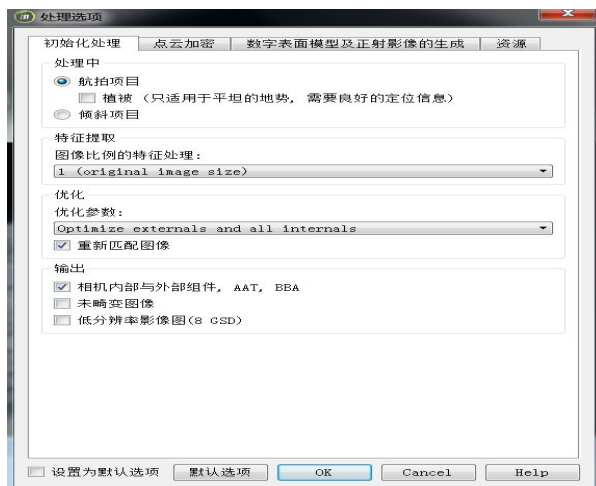


9 常见问题

9.1 出低精度快拼影像

在初步处理 Initial Processing 过程中，当我们把“低分辨率影像图（8GSD）”选项选上后，那么会有一张低分辨影像生成在工程文件中。

如果只是想得到快拼图，那么可以在 rapid check 快速检查前把这个勾选上，运行 rapid check 就可以最快的拿到低分辨率影像图。

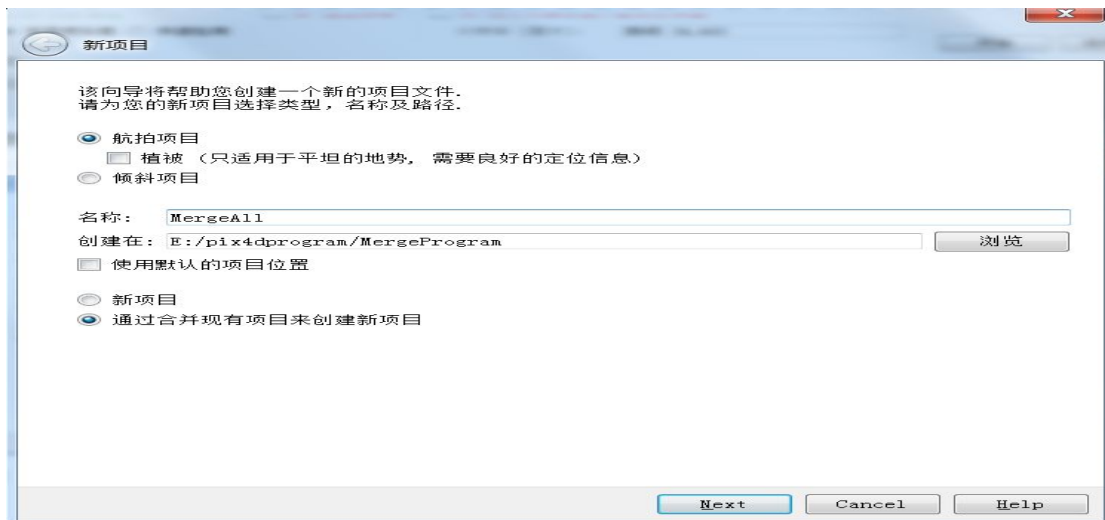


9.2 多个工程融合

这里以融合两个工程为例，首先确保这两个工程重叠度要够（相邻航带旁向重叠度 60% 以上），如果航带间重叠度不够可以设计两个工程重叠一条航带。然后分别建立两个工程，并运行完初步处理，保存退出。



再新建一个工程，注意选择新项目下的“通过合并现有项目创建新项目”。然后点 next。



选择需要添加的项目，如下图。加入后，软件会自动对新建的合并工程进行初步处理。

检查质量报告，注意因为我们融合了两个测区，所以每个测区都会生成一个块（blocks），现在我们要把两个块接在一起。（如果我们获取的 POS 精度足够好，那么不用手动连接测区也是有可能的）

Quality Check [\(help\)](#)

Images:	median of 44946 keypoints per image	✓
Dataset:	34 out of 34 images calibrated (100%), all images enabled 2 blocks	⚠
Camera optimization quality:	0.21% relative difference between initial and final focal length	✓
Matching quality:	median of 30472.4 matches per calibrated image	✓
Georeferencing:	no GCP	⚠

软件进行初步处理后，会有一个很稀的点云生成，在点云视图中，添加手动连接点。添加连接点的方法与 5.2 在 RayCloud 中刺出控制点的方法类似，不过加入的连接点类型为手动连接点（Manual Tie Point），而且不用输入坐标，也可以直接加入控制点。建议至少加入 3 个连接点。（注意：在加入连接点 Apply 后，影像上绿色的标记与黄色的标记可能距离有点远，没关系，在后面重新优化后就会基本重合）

在完成加入手动连接点后，选择重新优化（Reoptimize），重新生成质量报告，检查质量报告。如下图，现在两个测区已经合并在一起，所以只有一个块，Dataset 中也没有提示不合格。

Quality Check [\(help\)](#)

Images:	median of 44946 keypoints per image	✓
Dataset:	34 out of 34 images calibrated (100%), all images enabled	✓
Camera optimization quality:	0.15% relative difference between initial and final focal length	✓
Matching quality:	median of 29951.2 matches per calibrated image	✓
Georeferencing:	no GCP	⚠

同时质量报告中还会显示我们添加的连接点误差，检查这些误差，如果需要我们可以再去调整这些点或者手动添加更多的点。

Geolocation and Ground Control Points

GCP name	Tolerance XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection error [pixel]	Verified/Marked
User CP: mtp1_1					0.876	13 / 13
User CP: mtp2					2.137	6 / 6
User CP: mtp3					2.634	12 / 12

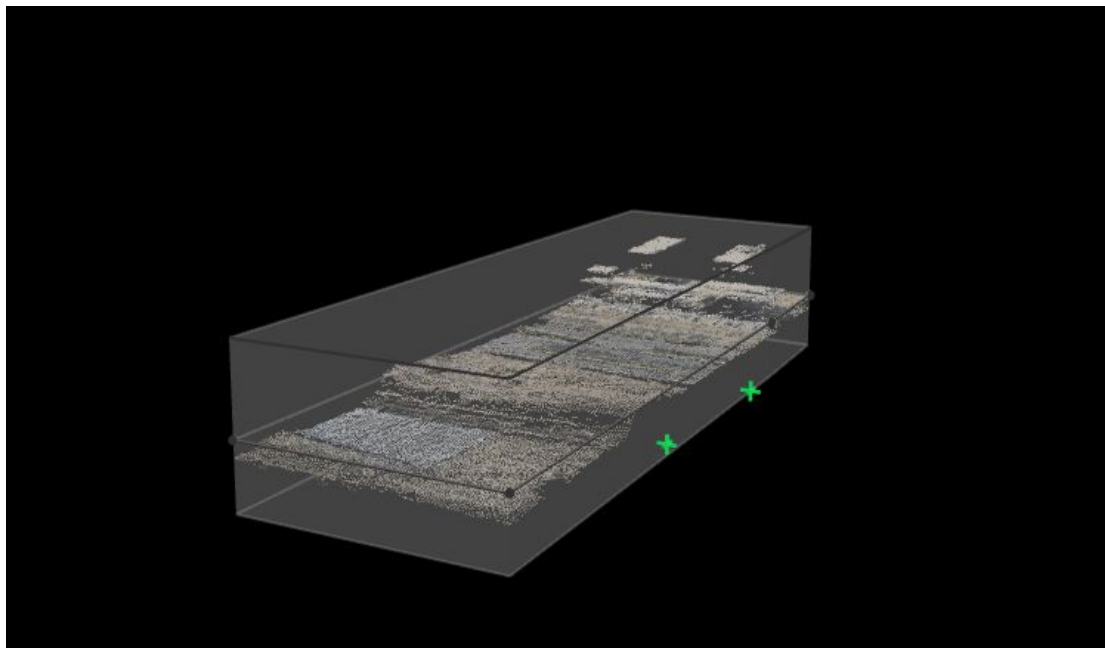
完成以上步骤后，我们可以把这个测区继续与其他测区融合，或者接着完成空三加密、生成 DSM 和 DOM。

9.3 区域输出成果

软件可以只对测区某个范围生成点云和正射影像，选择地图视图，在地图视图的下拉菜单中点云加密区-绘定，然后在地图中画出范围，如下图所示。



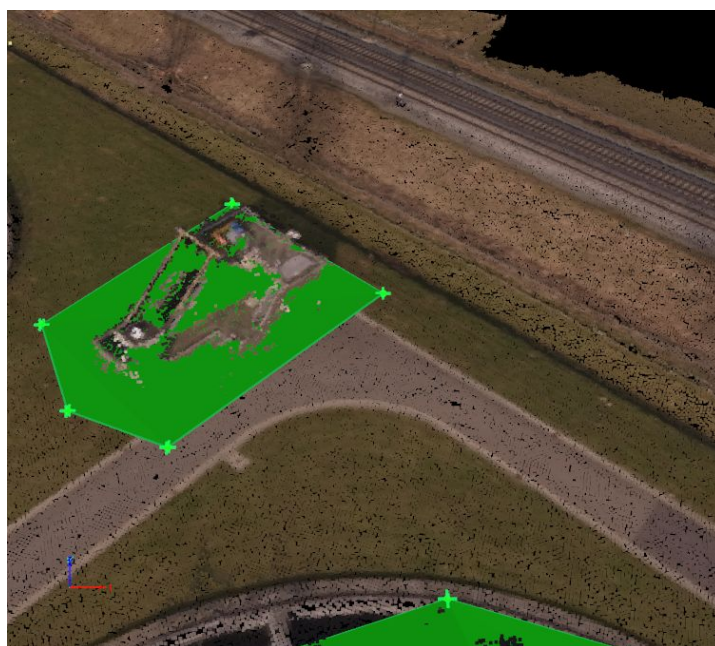
然后确认点云加密设置选项卡下面“使用点云加密区”勾选上后，运行空三加密，那么软件只生成绘定区域的点云数据。



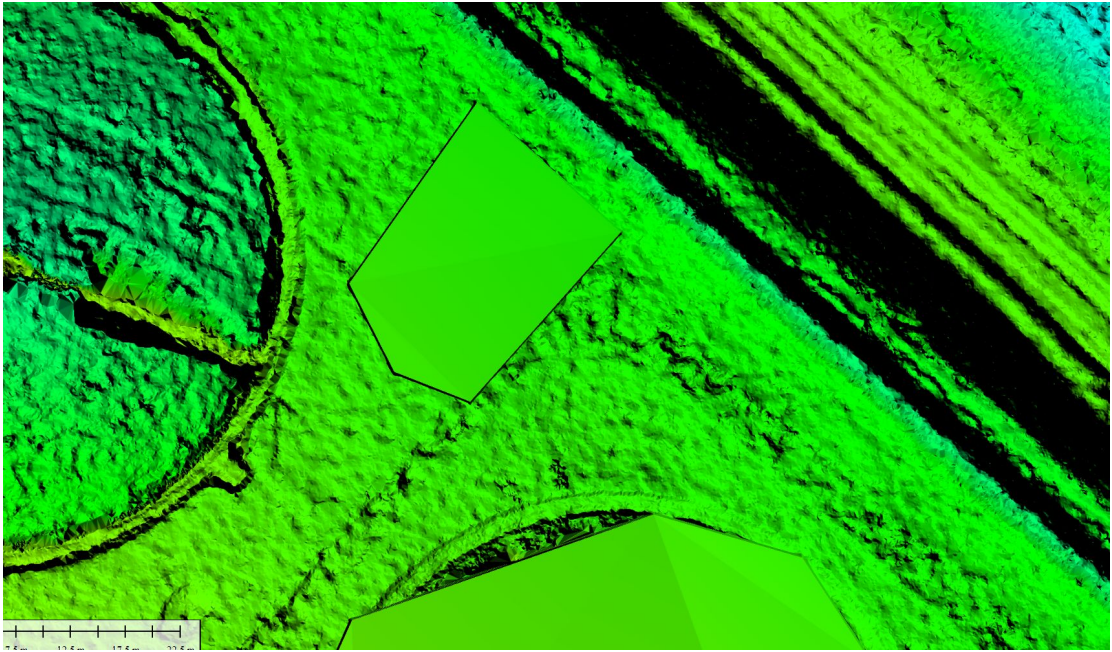
绘定区域生成正射影像图的方法与点云类似，这里不再累述。

9.4 点云中编辑 DSM

我们可以通过编辑点云，减去房屋、树林等地表物体的高程，获取我们需要的 DSM。这里以房屋为例，首先在点云编辑模式下，使用画平面的工具，在地面房角的高度画一个平面。如下图。



平面画好以后，重新生成 DSM、等高线等。生成之前注意备份之前生成的成果。重新生成效果如下图。



9.5 项目路径文件结构

