

进展汇报

来自：陈明健

2020/08/21

OUTLINE

- P4Multispectral飞行器介绍
- 基于多光谱景观反照率实验

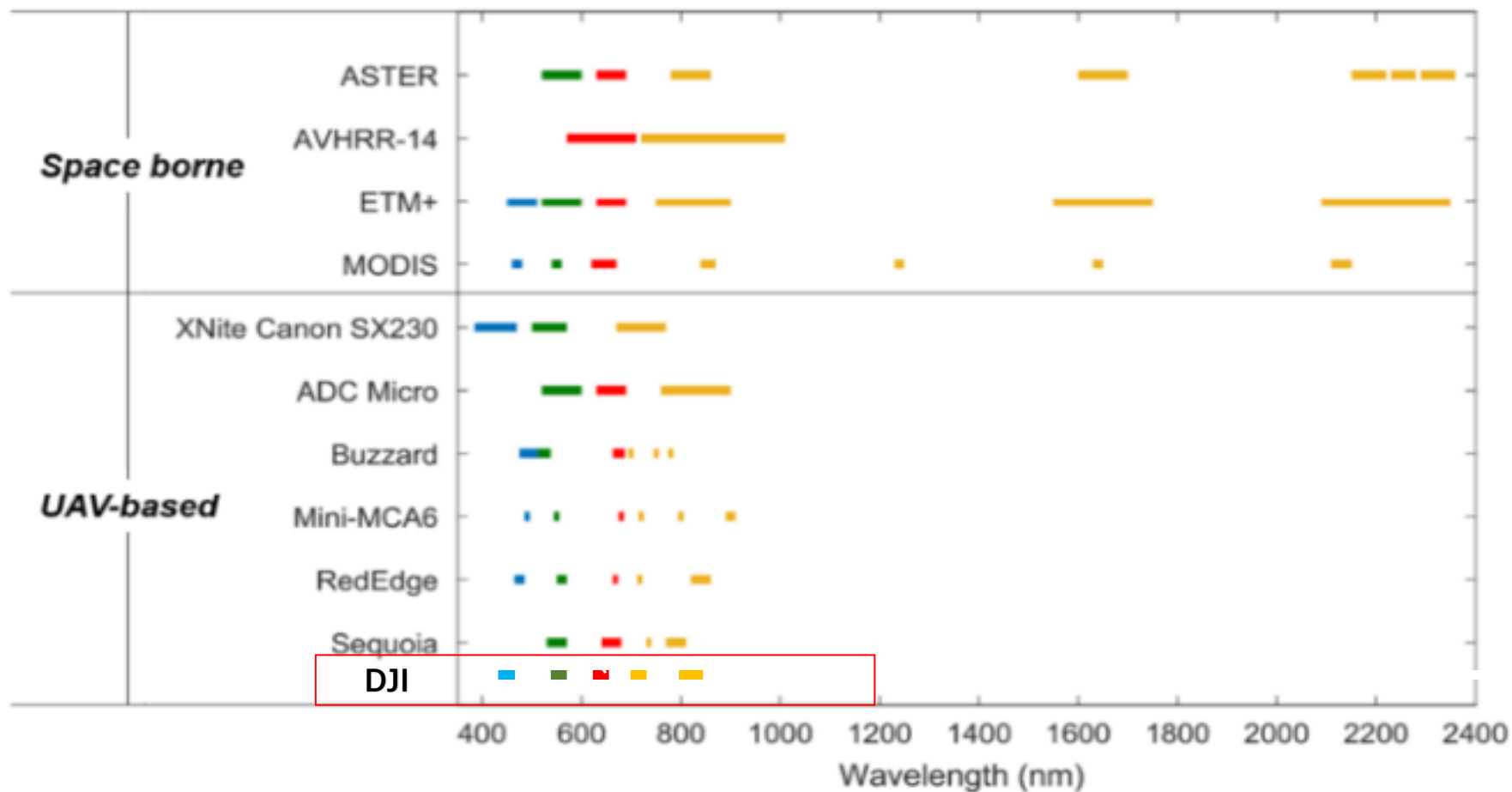
P4-Multispectral | 精灵4 多光谱版



- 精灵4是优秀的飞行平台
 - 多光谱成像系统
 - RTK定位模块
 - 配套处理软件

多光谱成像系统

1 个 可见光相机及 5 个多光谱相机 (蓝光, 绿光, 红光, 红边和近红外)
450、560、650、730±16nm; 840±26nm



*参考文献: Narrow-to-Broadband Conversion for Albedo Estimation on Urban Surfaces by UAV-Based Multispectral Camera

相片EXIF信息

相机型号参数

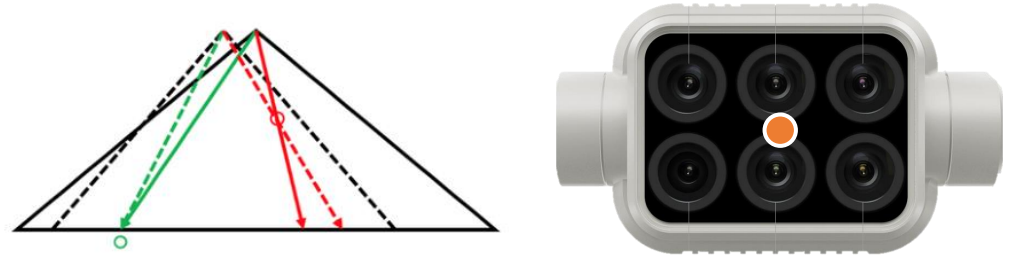
清除 从EXIF中估算 加载优化的参数

警告：错误的参数可能会导致重建失败。 阅读帮助获取更多信息。

透视镜头 鱼镜头 卷帘模式：全局模式或者快速读出

<input type="radio"/> 图像宽度 [像素]:	1600	<input type="radio"/> 相机传感器宽度 [毫米]:	5.0225
图像高度 [像素]:	1300	相机传感器高度 [毫米]:	4.08078
相机焦距 [像素]:	28.57	像素大小 [μm]:	3.13906
相机中心点 x [像素]:	3.174	相机焦距 [毫米]:	5.74
相机中心点 x [毫米]:	2.42704	相机中心点 x [像素]:	3.174
相机中心点 y [像素]:	4.598	相机中心点 y [毫米]:	1.92926
相机中心点 y [毫米]:	1.92926	带畸变的相机型号:	5
径向畸变 R1:	16226	切向畸变 T1:	0.000637
径向畸变 R2:	00695	切向畸变 T2:	0.000637
径向畸变 R3:	91404		

光强传感器：记录太阳辐照度



辐射处理和校准

FC6360_5.7_1600x1300 (Blue)

校正类型: Camera and Sun Irradiance

校准: No Correction
Camera Only
Camera and Sun Irradiance

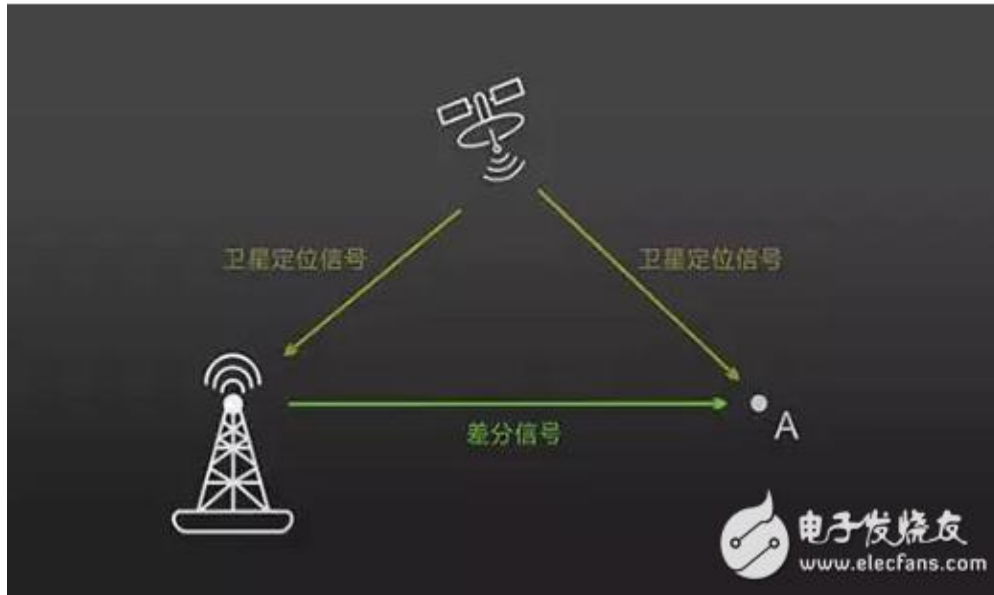
FC6360_5.7_1600x1300 (Blue)

校正类型: Camera, Sun Irradiance and Sun Angle

校正类型: Camera, Sun Irradiance and Sun Angle using DLS IMU

XMP: 60 <drone-dji:Irradiance>6109.689</drone-dji:Irradiance>

RTK定位模块



- RTK (Real Time Kinematic), 即载波相位差分技术, 它能够实时地提供测站点在指定坐标系中的三维定位结果, 并达到厘米级精度。
- 对于测绘无人机来说: 为了校正误差还需要派人去实地布设若干个像控点, 而用了RTK则可以基本不用、或是只需要少量像控点。



GNSS 接收机	定位精度	单点
		水平: 1.5 m (RMS) 垂直: 3.0 m (RMS)
		RTK
		水平: 1 cm+1 ppm (RMS) 垂直: 2 cm+1 ppm (RMS)
		1 ppm: 每增加 1 km, 精度变差 1 mm。 例如距离基站 1 km, 则精度为 1.1 cm。

图像处理软件



Project	pix4d_WD
Processed	2020-08-15 19:07:08
Camera Model Name(s)	FC6360_5.7_1600x1300 (Blue), FC6360_5.7_1600x1300 (Green), FC6360_5.7_1600x1300 (Red), FC6360_5.7_1600x1300 (Red edge), FC6360_5.7_1600x1300 (NIR), FC6360_5.7_1600x1300 (RGB)
Rig name(s)	«FC6360»
Average Ground Sampling Distance (GSD)	9.66 cm / 3.80 in
Area Covered	0.000 km ² / 0.0000 ha / 0.00 sq. mi. / 0.0000 acres
Time for Initial Processing (without report)	24m:29s



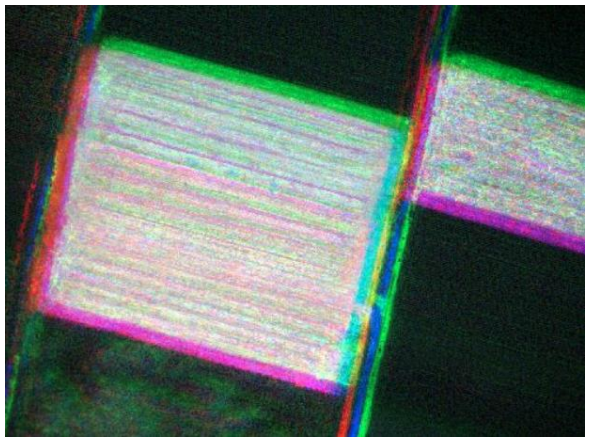
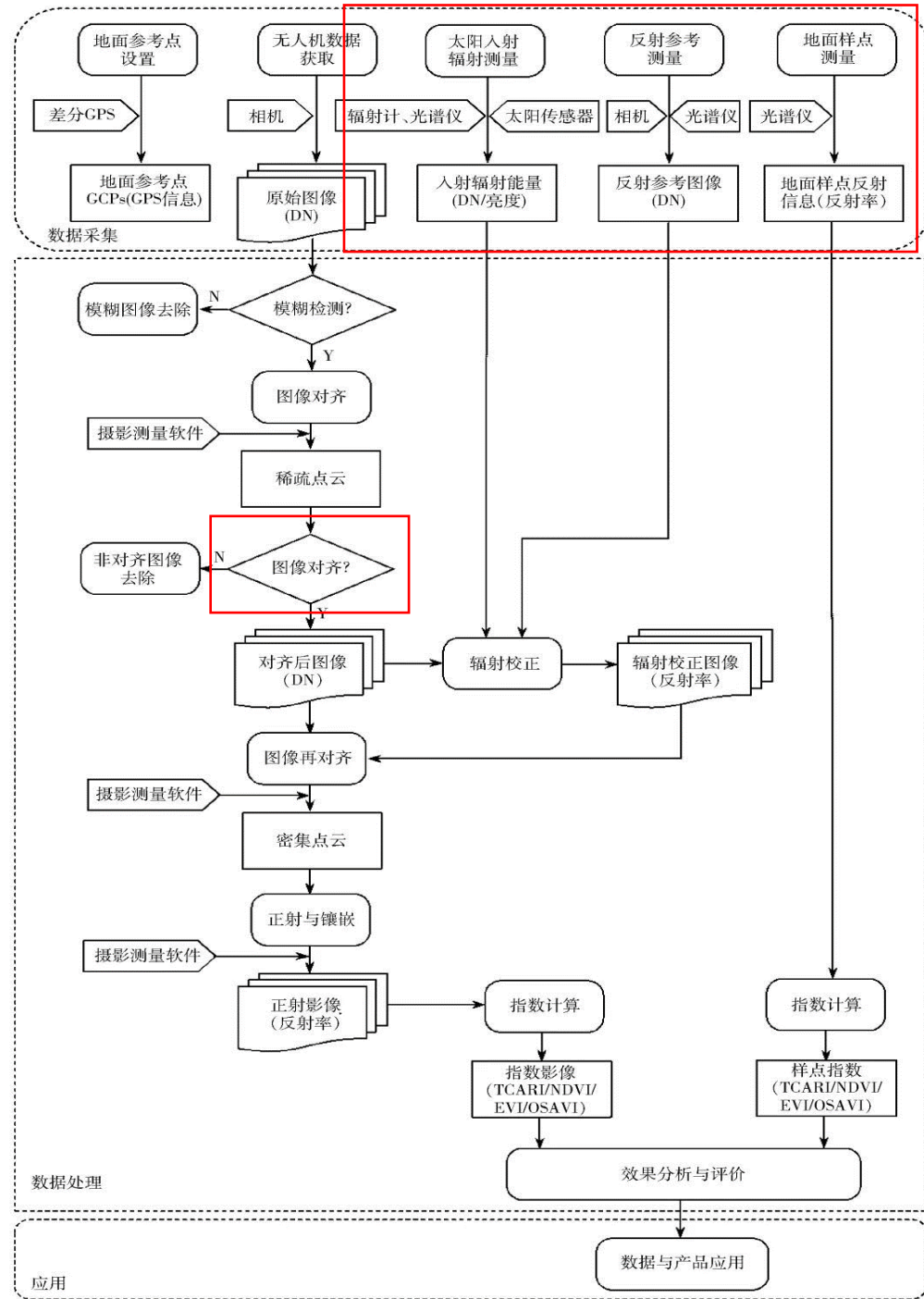
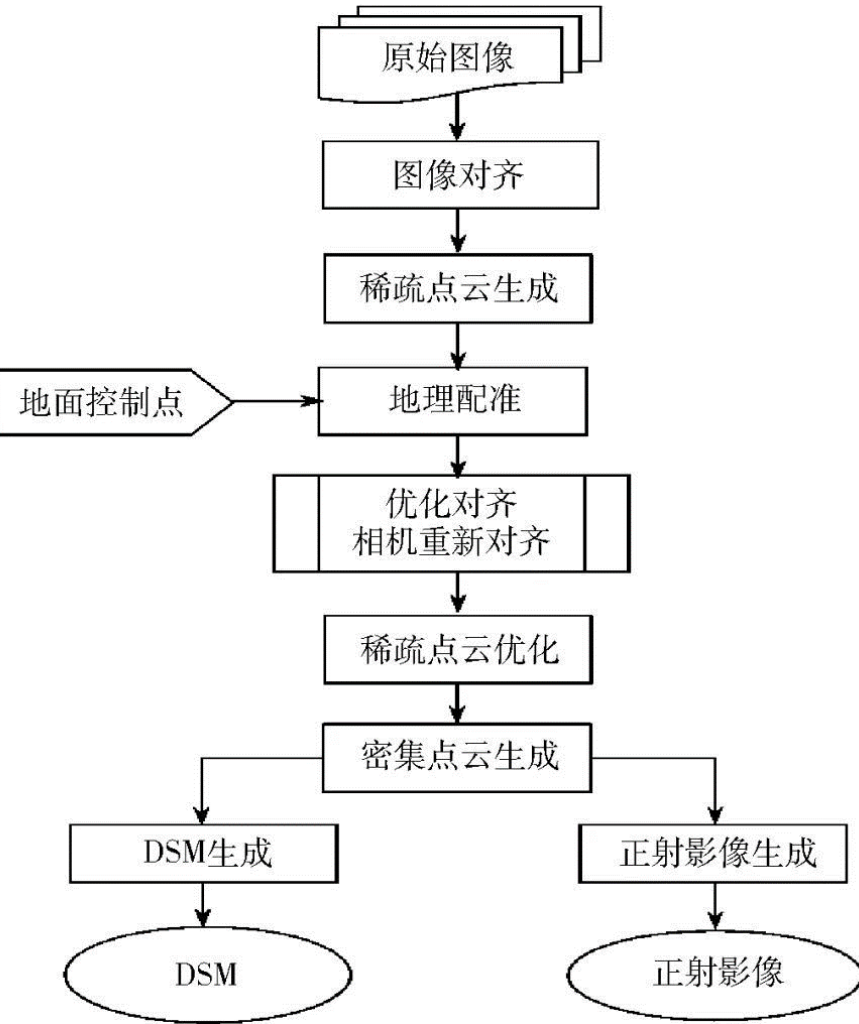
DJI Terra Aerial Triangulation Quality Report

Image Information Overview

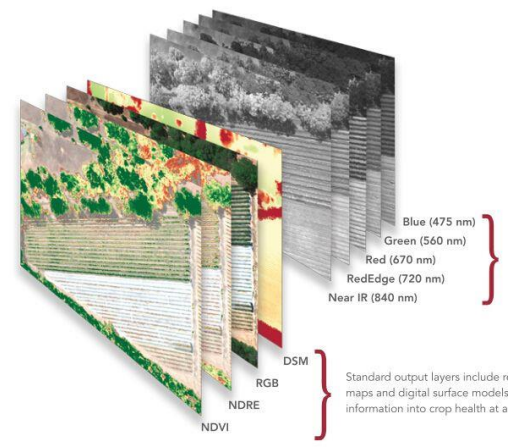
Item	Value
Input Images	160
Image With Position	160
Calibrated Images	160
Use Image Position	True
Georeferencing RMSE	0.016 m
SFM Time	0.952 min

- Pix4d Mapper
 - 自定义能力高，地理建模好
- 大疆智图软件-基础版
 - 处理速度快、与多光谱更适配

图像处理流程



- 图像匹配
 - 几何精纠正方法
 - 空中三角测量方法
 - 虚拟摄影方法



输出成果

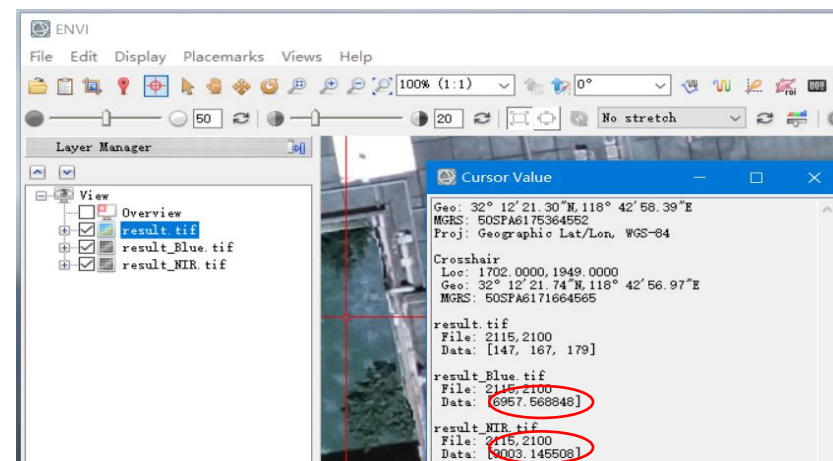
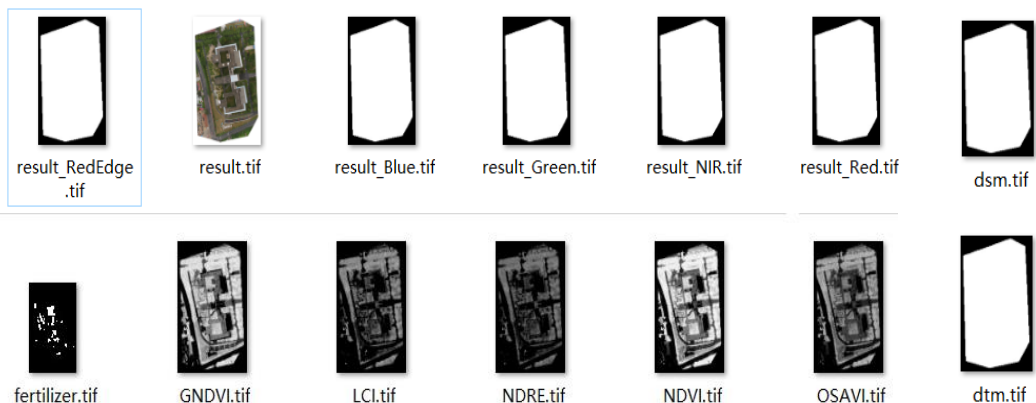
成果	数据类型	描述
result.tif	8bit 4 通道 GeoTiff	彩色影像正射镶嵌结果。
<ul style="list-style-type: none"> result_Blue.tif result_Green.tif result_Red.tif result_RedEdge.tif result_NIR.tif 	32bit 单通道 GeoTiff	各波段影像的正射镶嵌结果。
index_map : <ul style="list-style-type: none"> GNDVI.tif LCI.tif NDRE.tif NDVI.tif OSAVI.tif 	32bit 单通道 GeoTiff	根据各波段影像的正射镶嵌结果计算得出的指数。

dji Terra 重建的单波段成果的数值是基于实验室下标定的数据，可以用来在 Terra 中计算 NDVI 配合农机使用。但无明确物理意义，是和 **反射率** 正相关的一个数值。 **Reflectance**

太阳辐照度 (Irradiance)
 : 光强传感器数据 x 相机感度校准参数(默认设置~)
 * 用于计算反射率(Reflectance)的中间值, 用于计算

$$NIR_{ref} = \frac{NIR_{reflected}}{NIR_{incident}} = \frac{NIR_{camera}}{NIR_{LS}} \times \rho_{NIR} \times \frac{p_{CamNIR}}{p_{LSNIR}} = \frac{NIR_{camera} \times p_{CamNIR}}{NIR_{LS} \times p_{LSNIR}} \times \rho_{NIR} \quad (\text{Eq. 4}),$$

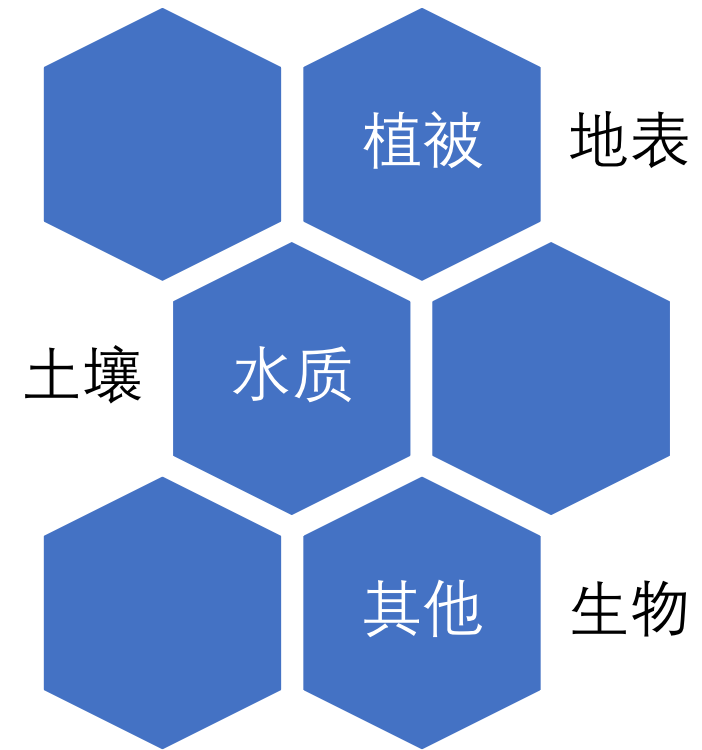
ρ_y 是调节图像信号与多光谱光强传感器信号之间相互转化的参数.我们以 NIR 波段为标准, 所有其他波段的相机都参照 NIR 波段的相机的感度做校准, 同时所有其他波段的多光谱光强传感器也都参照 NIR 波段的多光谱光强传感器的感度做校准, 获得的校准参数分别为 p_{Cam} 和 p_{LS}



P4M – 潜在用途

• 生态指数

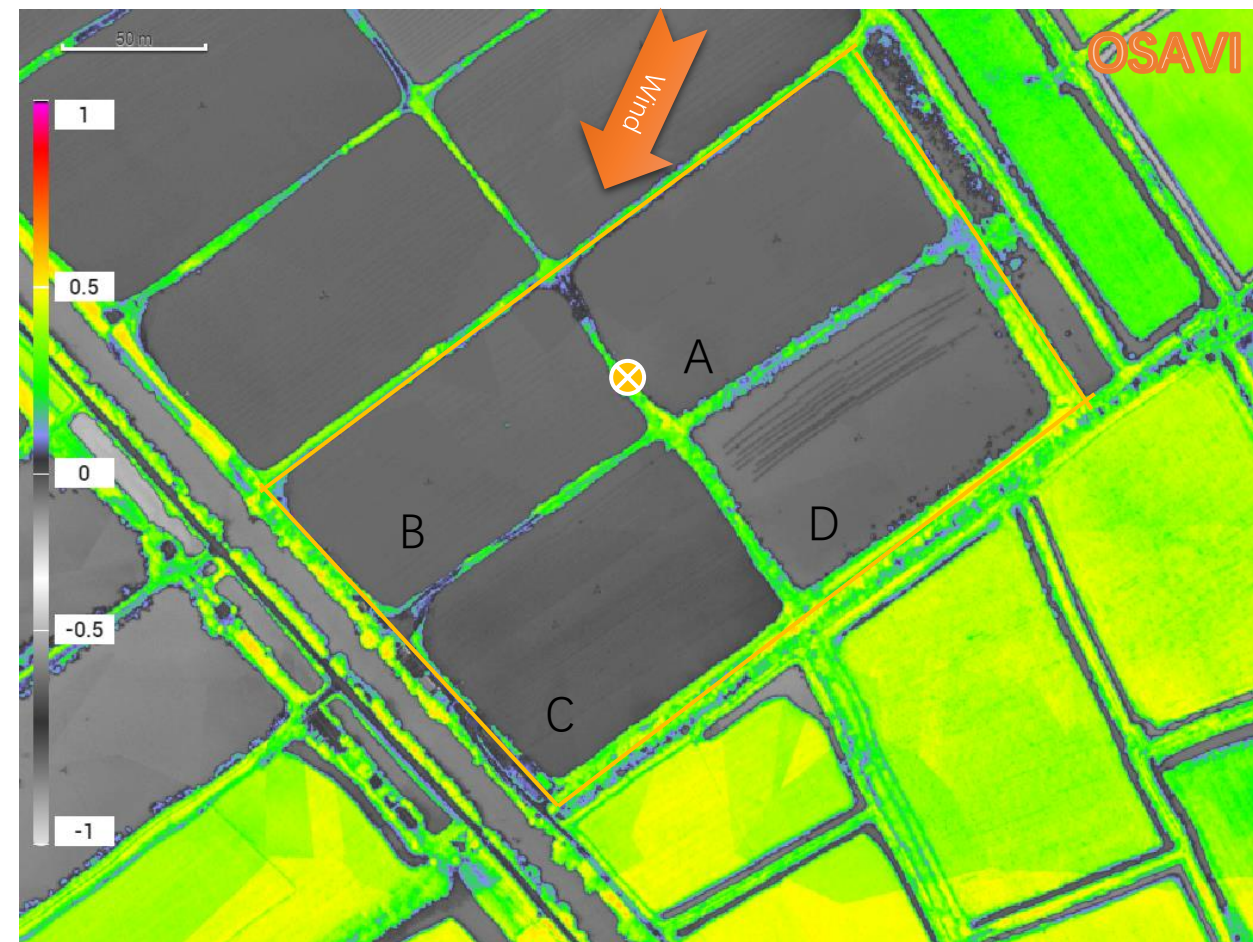
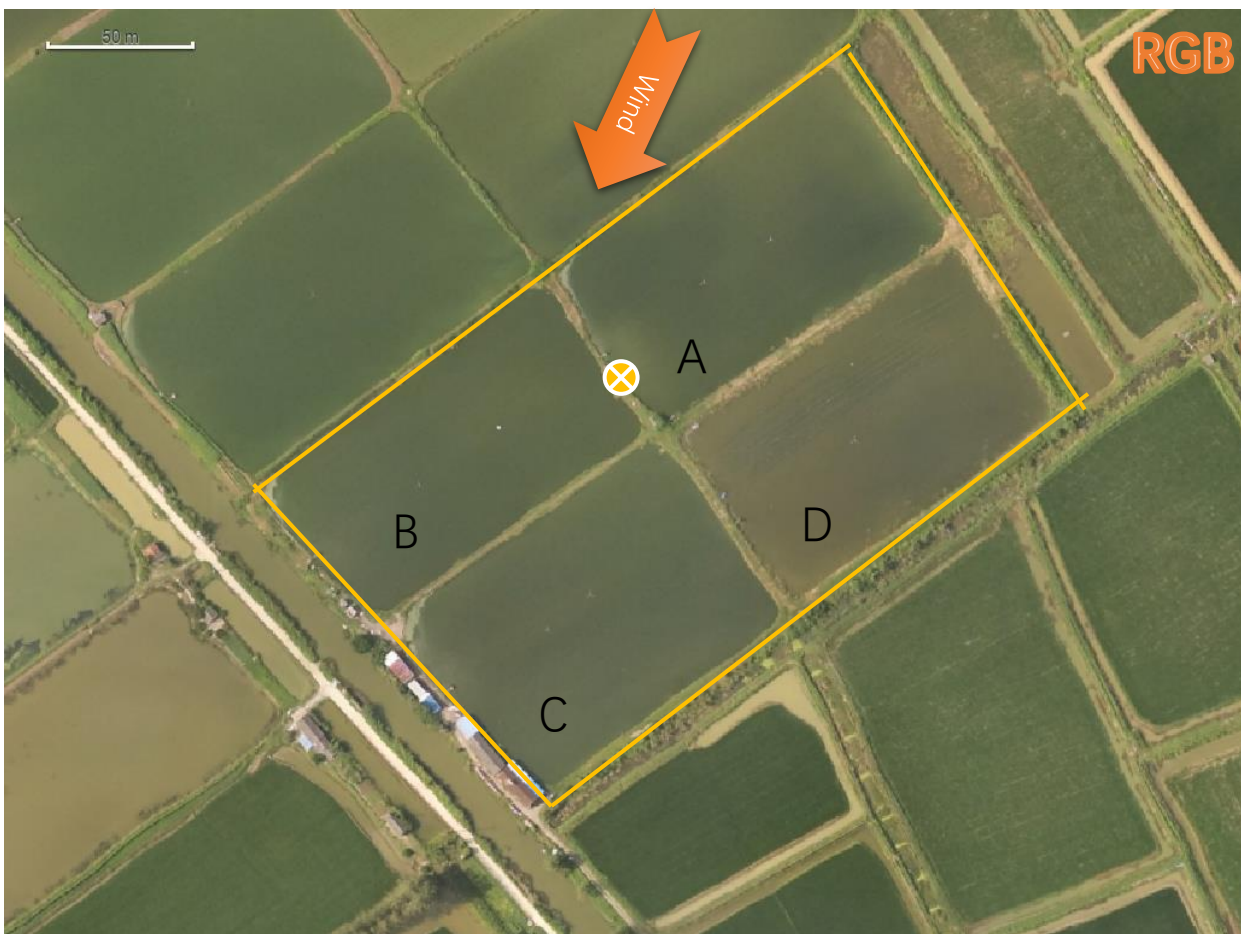
指数缩写	意义	计算公式
NDVI	判断植被叶绿素含量最为常用的指数。	$(\text{Nir}-\text{Red})/(\text{Nir}+\text{Red})$
GNDVI	该指数用绿色波段取代 NDVI 中的红色波段。 有研究显示，该指数在实际使用时比 NDVI 更加稳定。	$(\text{Nir}-\text{Green})/(\text{Nir}+\text{Green})$
NDRE	有研究显示，该指数对判断非初期作物的叶绿素含量有较好的效果。	$(\text{Nir}-\text{RedEdge})/(\text{Nir}+\text{RedEdge})$
LCI	有研究显示，该指数对判定叶子的叶绿素及含氮量有较好的效果。	$(\text{Nir}-\text{RedEdge})/(\text{Nir}+\text{Red})$
OSAVI	植被生长初期，若密度不高，植被指数受土壤因素影响较大。该指数是在 NDVI 的基础上将土壤因素纳入考量，对识别生长初期植物的叶绿素含量较为有效。	$(\text{Nir}-\text{Red})/(\text{Nir}+\text{Red}+0.16)$ (其中，Nir、Red 为归一化的影像)



*参考文献:

轻小型无人机多光谱遥感技术应用进展-农业机械学报(2018)

鱼塘航拍展示1

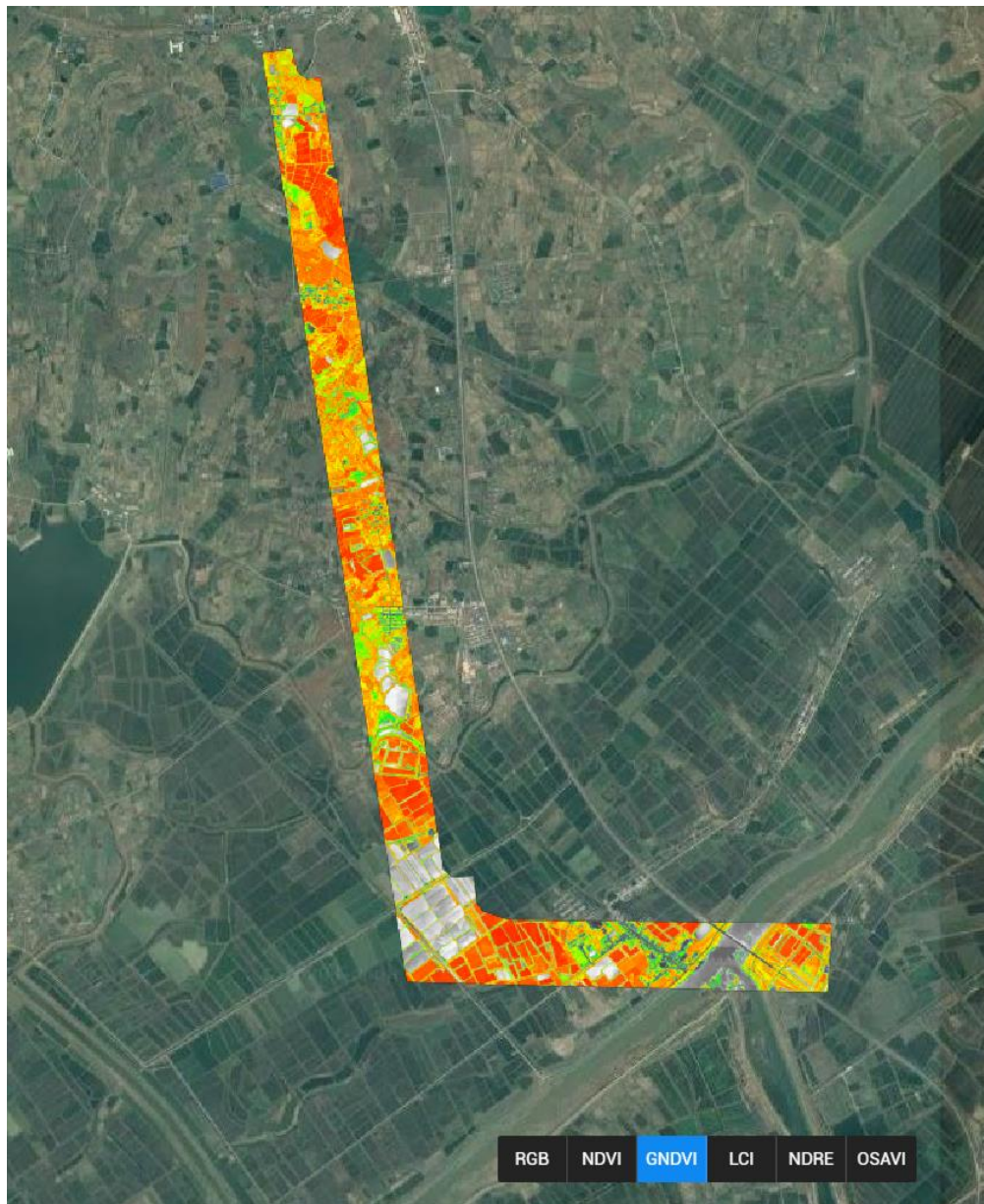


$$OSAVI = (NIR - Red) / (NIR + Red + 0.16)$$

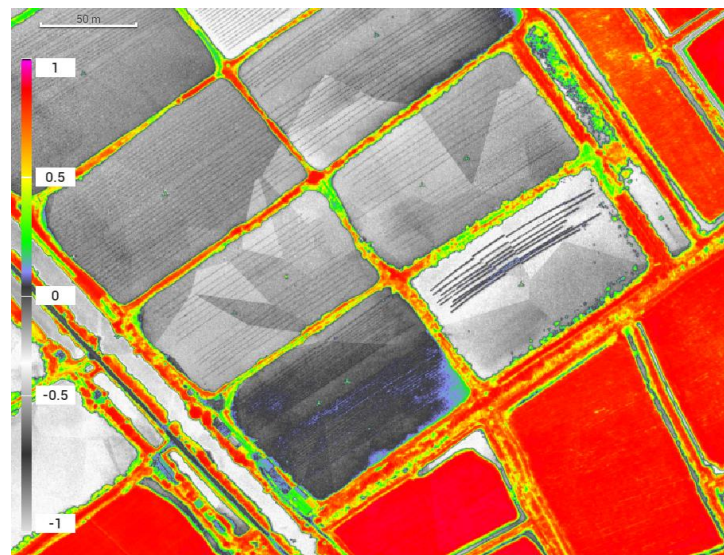
- 土地类型分类

- 区分水体、非水体
- 植被情况(细化)

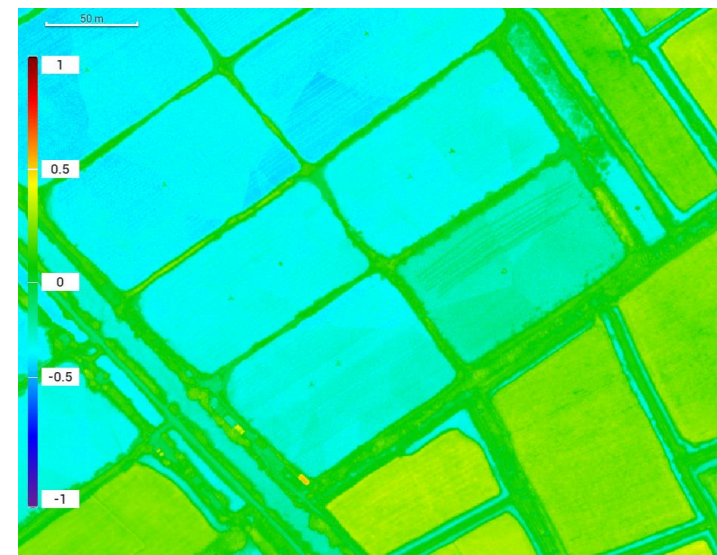
鱼塘航拍展示2



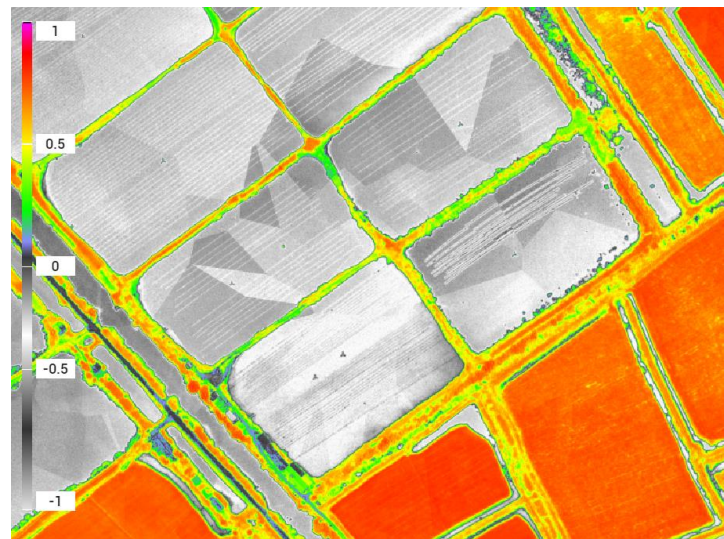
NDVI (Nir-Green)/(Nir+ Green)



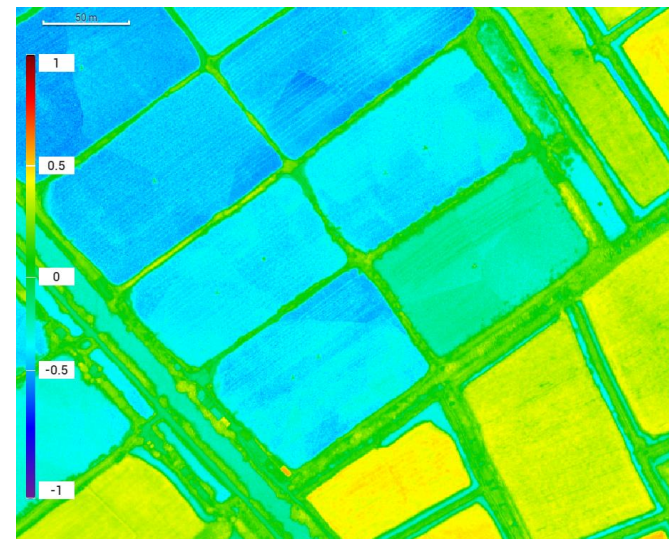
NDRE (Nir-RedEdge)/(Nir+ RedEdge)



GNDVI (Nir-Green)/(Nir+ Green)

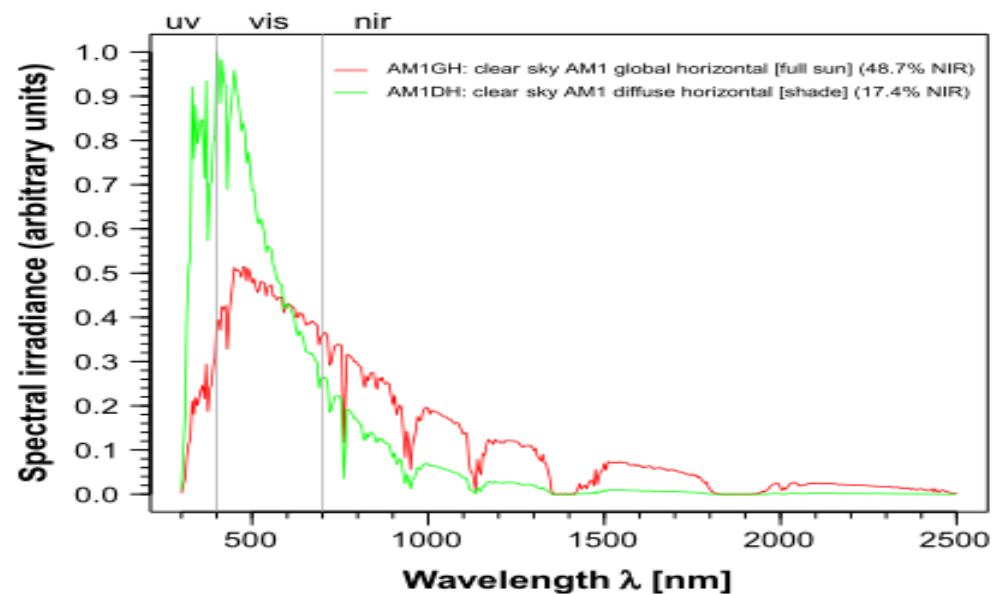
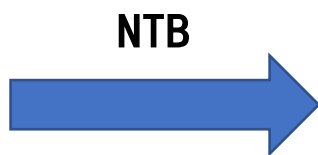
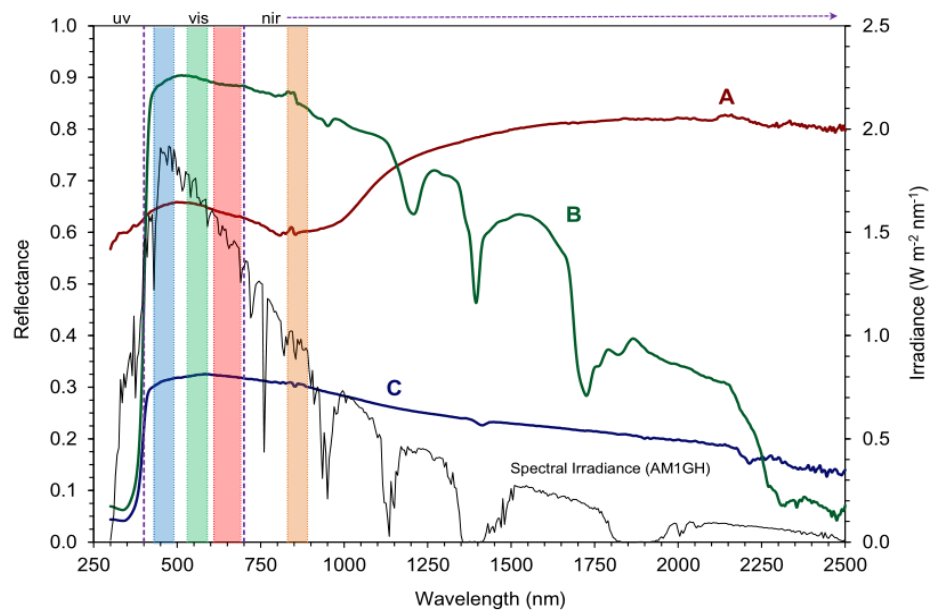


LCI (Nir- RedEdge)/(Nir+Red)



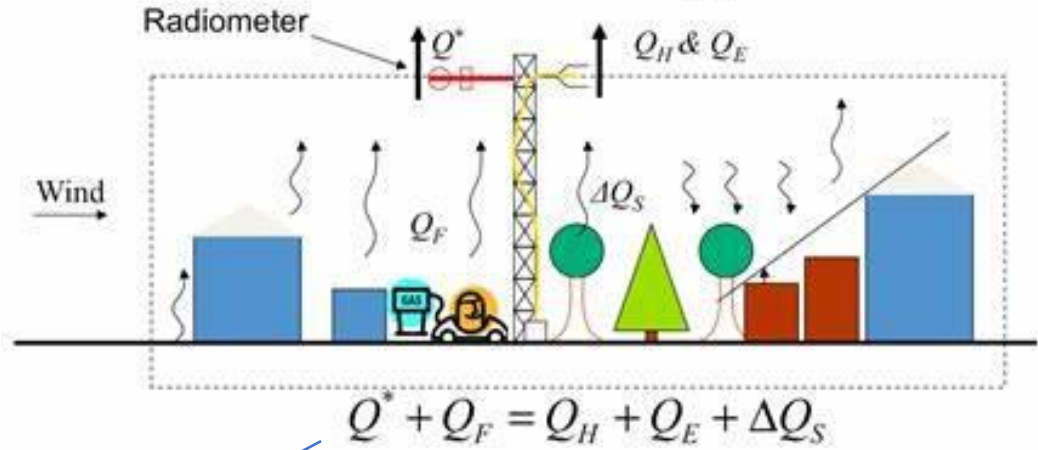
基于多光谱的景观反照率估算

- 背景
- 进展
- 目的
- 结果



实验背景

Urban Surface Energy Balance



$$\begin{aligned}
 R_n &= Q_s^* + Q_L^* \\
 &= Q_{s\downarrow} - \alpha Q_{s\uparrow} + Q_{L\downarrow} - Q_{L\uparrow} \\
 &= \underbrace{(1 - \alpha)}_{\text{Albedo}} Q_{s\downarrow} + Q_{L\downarrow} - Q_{L\uparrow}
 \end{aligned}$$

Albedo | 地表反照率



0.01 km² to 100 km²



研究背景

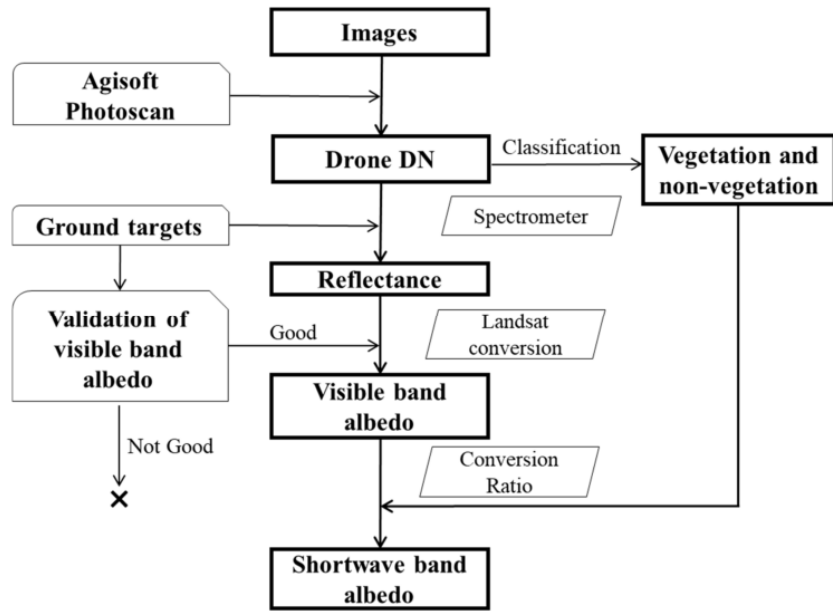


Figure 3. Workflow for estimating landscape visible and shortwave band albedo.

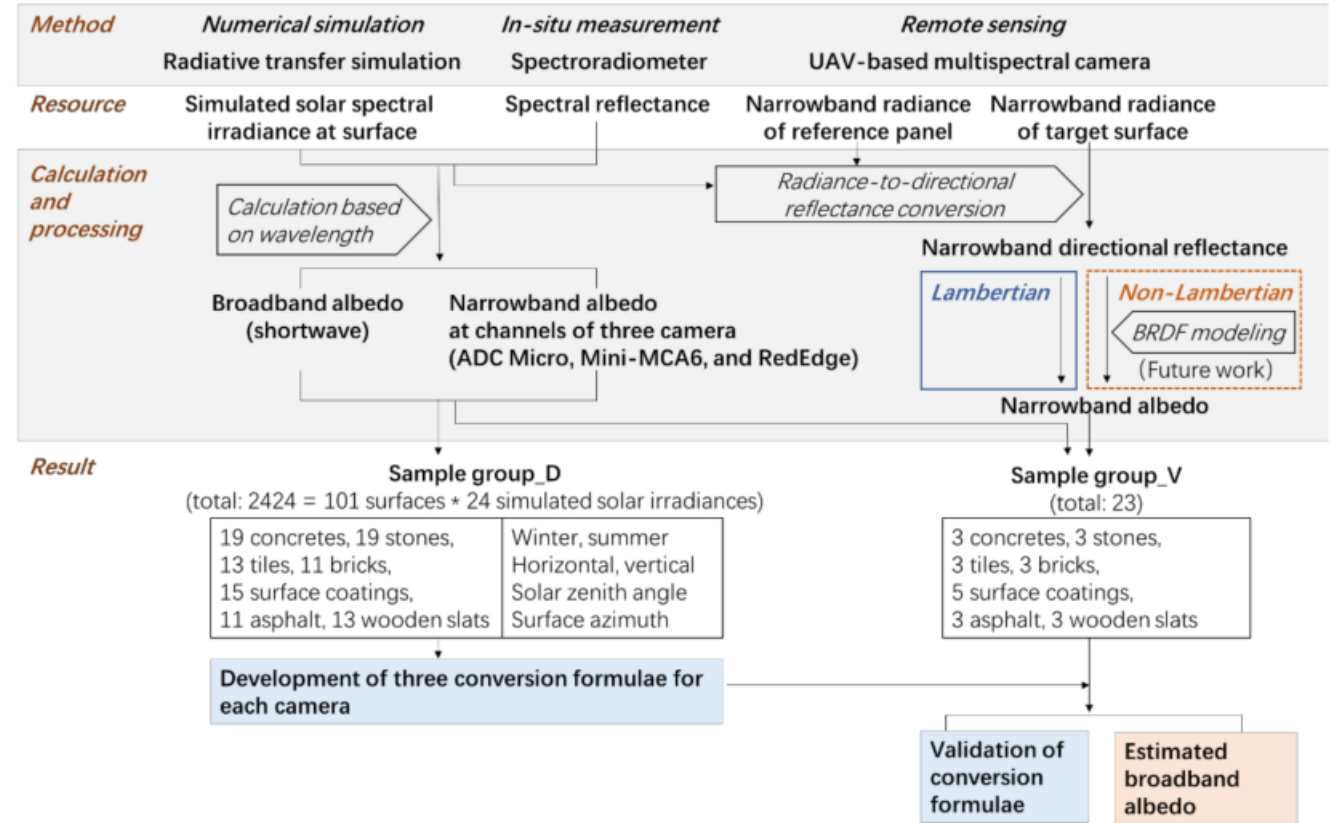


Figure 2. Technical process used to develop conversion models and to validate their applicability.

- Measuring Landscape Albedo Using Unmanned Aerial Vehicles (2018) ——Chang Cao
- Narrow-to-Broadband Conversion for Albedo Estimation on Urban Surfaces by UAV-Based Multispectral Camera (2020) ——Xi Xu

模型发展

①

$$\alpha_{RedE_reg} = 0.3973B - 0.0102G + 0.0454R - 0.1017RE + 0.6116NIR + 0.0075$$

②

$$\alpha = \sum \alpha_N w_N$$

$$w_N = \int_{a_N}^{b_N} R(\lambda_i) d\lambda / \int_{350}^{2500} R(\lambda_i) d\lambda$$

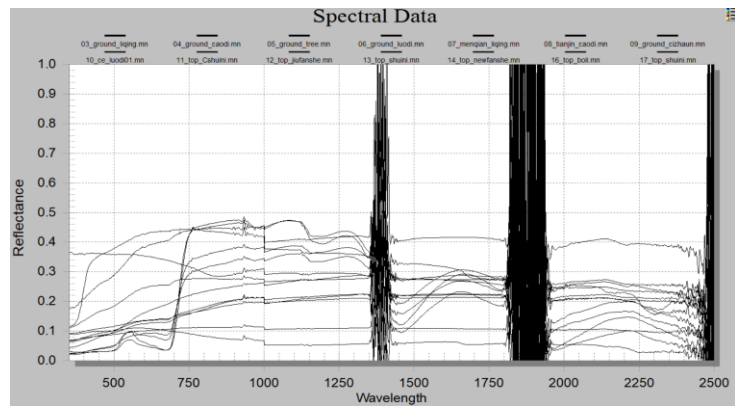
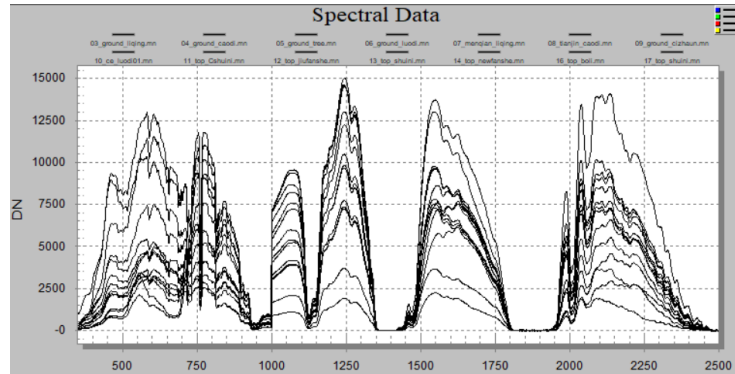
③

Table 4. Physical weighting coefficients for sensors and solar irradiance (Rs_i).

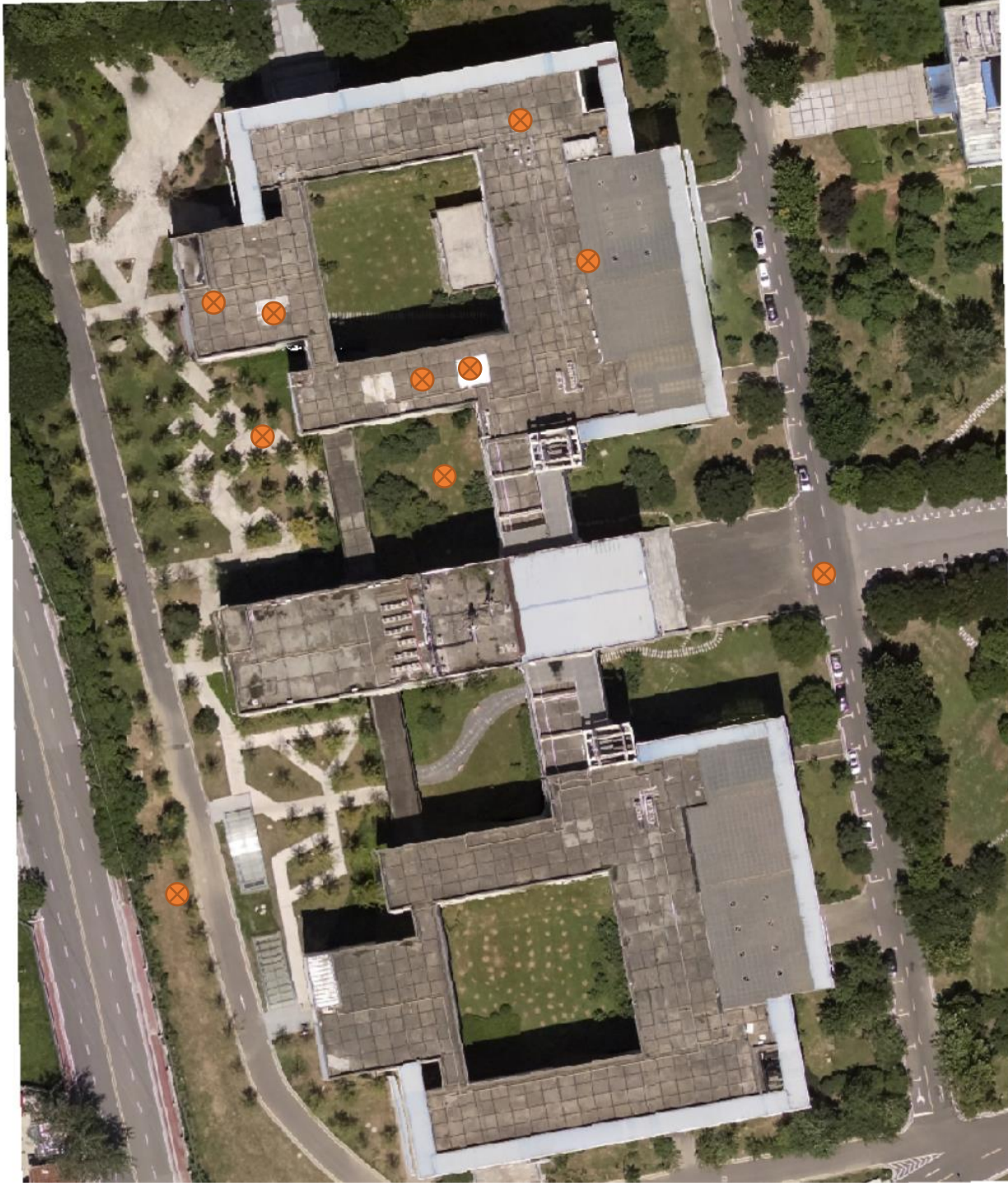
Sensor	ADC-Micro			Mini-MCA6					RedEdge					
Variable*	0.9141			0.9193					0.9282					
Channel	G	R	NIR	B	G	R	RE	NIR1	NIR2	B	G	R	RE	NIR
Rs_1	0.3632	0.1462	0.4950	0.2197	0.1440	0.1208	0.0697	0.0892	0.3695	0.2157	0.1510	0.1076	0.0904	0.4459
Rs_2	0.3571	0.1472	0.4999	0.2153	0.1430	0.1207	0.0704	0.0912	0.3722	0.2113	0.1497	0.1077	0.0917	0.4503
Rs_3	0.3382	0.1477	0.5180	0.2039	0.1375	0.1185	0.0724	0.0964	0.3843	0.2000	0.1433	0.1059	0.0948	0.4668
Rs_4	0.3225	0.1438	0.5372	0.1998	0.1280	0.1121	0.0737	0.1012	0.3982	0.1957	0.1330	0.1003	0.0967	0.4847
Rs_5	0.3850	0.1515	0.4682	0.2333	0.1519	0.1265	0.0702	0.0907	0.3405	0.2291	0.1595	0.1127	0.0915	0.4184
Rs_6	0.3843	0.1515	0.4689	0.2329	0.1517	0.1264	0.0702	0.0907	0.3412	0.2287	0.1593	0.1126	0.0914	0.4191
Rs_7	0.3839	0.1517	0.4690	0.2325	0.1518	0.1266	0.0703	0.0909	0.3410	0.2283	0.1594	0.1127	0.0916	0.4191
Rs_8	0.3830	0.1522	0.4694	0.2317	0.1519	0.1268	0.0704	0.0914	0.3409	0.2275	0.1594	0.1130	0.0919	0.4194
Rs_9	0.6459	0.1233	0.2345	0.4828	0.1603	0.1100	0.0519	0.0598	0.1477	0.4741	0.1744	0.0963	0.0672	0.1992
Rs_10	0.3516	0.1503	0.5024	0.2068	0.1458	0.1236	0.0716	0.0923	0.3729	0.2030	0.1526	0.1102	0.0932	0.4520

光谱测量

- 03_ground_liqing.mn
- 04_ground_caodi.mn
- 05_ground_tree.mn
- 06_ground_luodi.mn
- 07_menqian_liqing.mn
- 08_tianjin_caodi.mn
- 09_ground_cizhaun.mn
- 10_ce_luodi01.mn
- 11_top_Cshuini.mn
- 12_top_jiufanshe.mn
- 13_top_shuini.mn
- 14_top_newfanshe.mn
- 16_top_boli.mn
- 17_top_shuini.mn



- ASD地物光谱仪，Rs3软件处理
- 10条平均，地物类型：沥青、裸地、草地、树木、水泥、玻璃。



飞行参数



实验地点：学校文德楼

实验时间：12:30

实验天气：晴朗天气

航向重叠率：90%

旁向重叠率：80%

飞行时间：10min40s

飞行面积：5.54HA

Reflectance | 反射地图

- View
- Overview
- Pix4d_ndvi.tif [REPROJECTED]
- DJI_ndvi.tif
- 文德楼航空照片_transparent_mosaic_group1.tif [REPROJECTED]
- result.tif
- 文德楼航空照片_transparent_reflectance_red.tif [REPROJECTED]
- result_Red.tif
- 文德楼航空照片_transparent_reflectance_nir.tif [REPROJECTED]
- result_NIR.tif



文德楼航空照片_transparent_mosaic_group1.tif [REPROJECTED]
 Map: 661661.5906, 3564564.7344
 Proj: UTM, Zone 50 N, WGS-84
 File: 1413.5212, 1907.1238
 Data: [58, 96, 94]

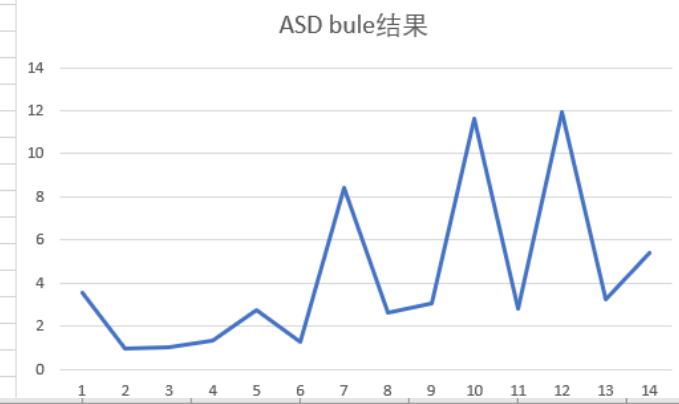
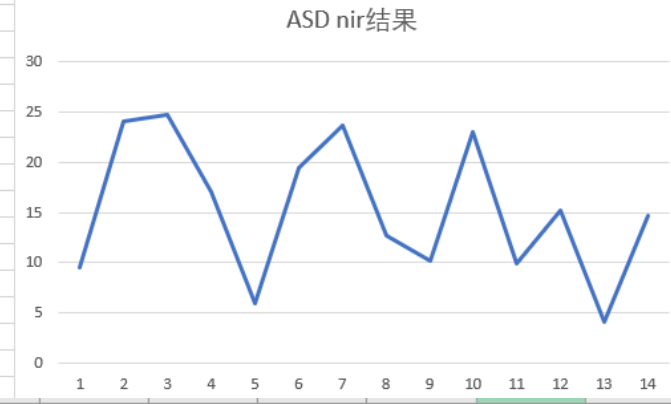
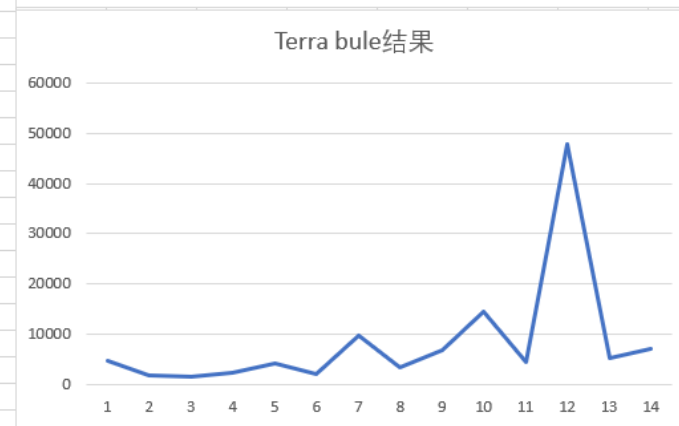
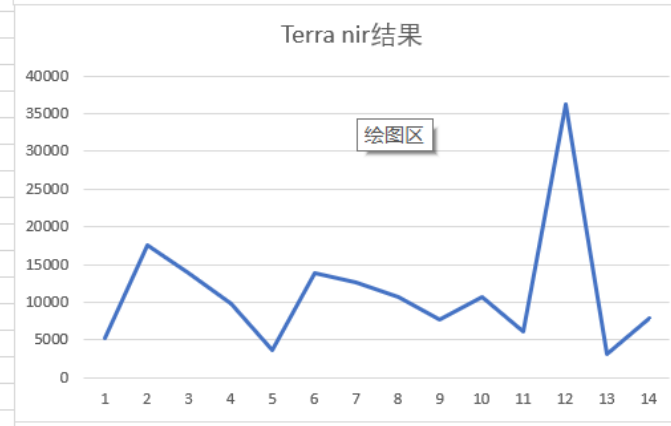
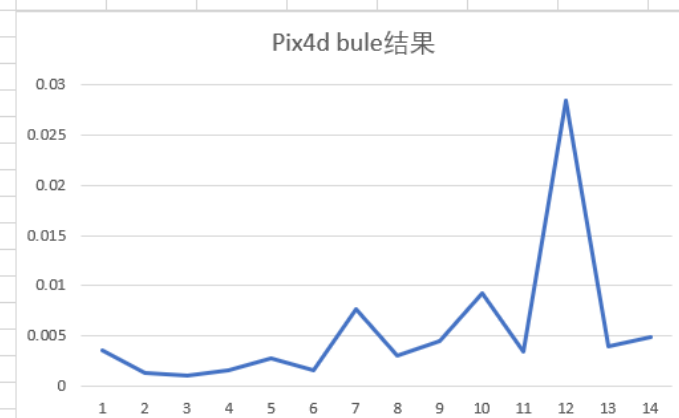
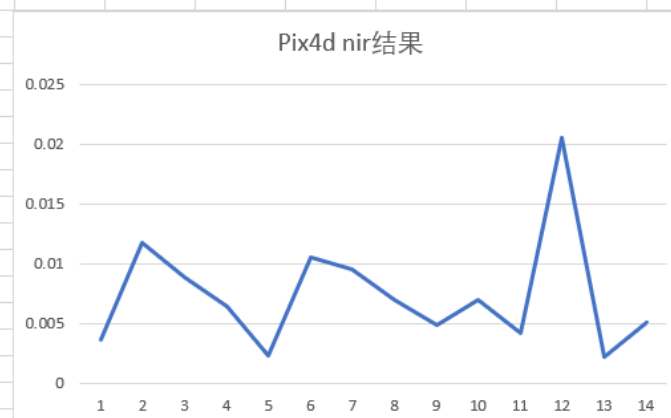
result.tif
 File: 1099.1589, 1937.9336
 Data: [58, 95, 93]

文德楼航空照片_transparent_reflectance_red.tif [REPROJECTED]
 Map: 661661.5906, 3564564.7344
 Proj: UTM, Zone 50 N, WGS-84
 File: 1413.5212, 1907.1238
 Data: [0.001256]

result_Red.tif
 File: 1099.1589, 1937.9336
 Data: [1884.930420]

文德楼航空照片_transparent_reflectance_nir.tif [REPROJECTED]
 Map: 661661.5906, 3564564.7344
 Proj: UTM, Zone 50 N, WGS-84
 File: 1413.5212, 1907.1238
 Data: [0.007584]

result_NIR.tif
 File: 1099.1589, 1937.9336
 Data: [11171.418945]



03 沥青 04 草地 05 小树 06 旱地 07 沥青 08 天井 09 瓷砖 10 旱地 11 天台 12 旧反射 13 水泥 14 新反射 16 旧玻璃 17 水泥

$$\alpha_{RedE_reg} = 0.3973B - 0.0102G + 0.0454R - 0.1017RE + 0.6116NIR + 0.0075$$

卫星对比



Landsat8: 30x30m



Sentinel2A: 10x10m

讨论后续

1. 关于多光谱辐射标定的方法确定
2. 加入多光谱通道后的**景观**反照率对比
3. 与卫星的反照率数据对比与可能性分析
4. 一天内，反照率的变化情况。

#End Thanks