

基于无人机高光谱的城市遥感分析



城市发展涉及建筑、植被和水体等多方面内容，如何高效化监测城市可持续发展是目前面临的重要挑战。无人机高光谱是现代化城市遥感监测不可或缺的技术和工具，对城市设施及其绿化程度等的分析具有重要作用。传统可见光图像仅由红绿蓝（RGB）三个波段的光信息组成，在对建筑识别时通过人工肉眼判读进行监测，效率低下且准确度有限。高光谱反映了高分辨率光学信息的特征，其利用很多很窄的电磁波波段（通常 $<10\text{nm}$ ）从感兴趣的物体获取有关信息（图1）。高光谱图像是由成像光谱仪获取的，成像光谱仪为每个像元提供300-400个窄波段光谱信息，产生一条完整而连续的光谱曲线。对于不同设施可以提取其专属的波段特征，使本来在宽波段遥感中不可

探测的物质，在高光谱中能被探测，与无人机进行结合，可以实现高效大面积地物的高效监测。

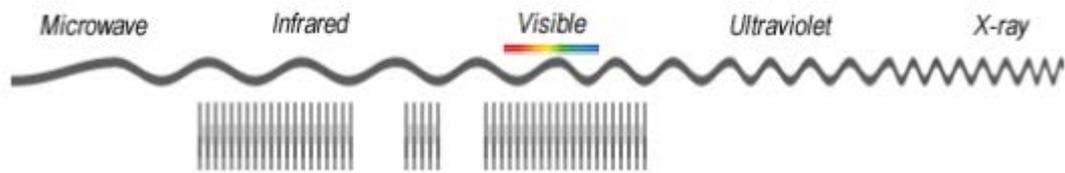


图 1 不同波长示意图

(由长到短：微波，红外，可见光，紫外，X射线)

无人机高光谱具有以下特点：

- (1) **光谱特征多。**成像光谱仪在可见光和近红外光谱区内有 300-480 个波段。
- (2) **光谱分辨率高。**成像光谱仪采样的间隔小，分辨率小于 3nm。精细的光谱分辨率反映了地物光谱的细微特征。
- (3) **数据量丰富。**随着波段数的增加，数据量成倍增加。
- (4) **可提供空间域信息和光谱域信息，即“图谱合一”，**并且由成像光谱仪得到的光谱曲线可以与地面实测的同类地物光谱曲线相类比。

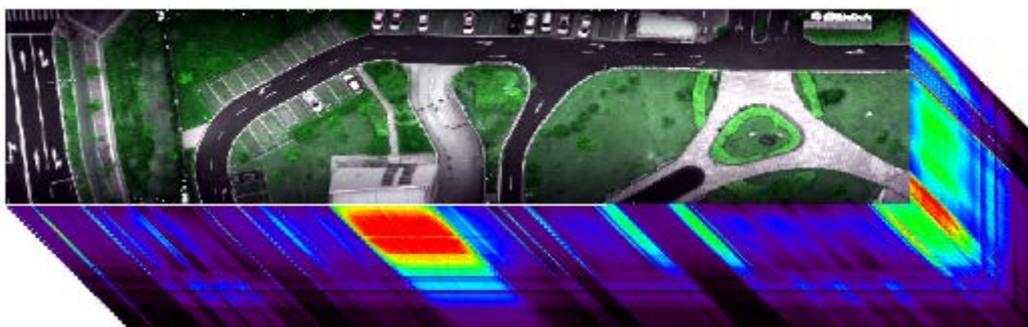


图 2 由 300 个波段组成的无人机高光谱影像示例

1、地物分类提取结果

在高光谱数据预处理基础上，对图像进行地物分类提取。研究方法与过程主要包括以下几方面：

(1) 地物分类。

地物分类的目的主要是为更好观察建筑、土壤和植被等的划分界限。分类方式通常采用监督分类，并利用支持向量机 (SVM) 进行监督学习。首先人工标记需要分类的种类和地物端元 (ROI)，本文将地物分为七类为例：道路，硬化地表，水体，乔木，灌木，草地和土壤。之后输入 SVM 分类器中进行自动匹配分类。

(2) 端元检测。

端元检测用于提取影像中单一地物，比如道路或建筑。首先利用 ENVI 软件提取道路或建筑物的光谱数据，作为端元检测的输入数据。之后选择波谱角检测方法识别高光谱影像中的研究对象。

(3) 检测后处理。

原始检测结果存在部分噪声和分散像元，需要进行优化。利用分类后处理工具，包括最大值分析和聚类处理，目的是去除小斑块噪声。优化结果如图 3 所示。



图 3 高光谱影像分类结果

2、城市绿化分析

城市环境是城市现代化发展的重点关注方向，包括但不限于城市绿化、城市水环境等方面。城市绿化是城市可持续发展的关键内容之一。传统测量分析手段难以快速大范围的对城市绿化环境进行分析，借助无人机高光谱手段，不仅可以对城市绿地进行提取，而且可以进一步分析植被的健康程度、病虫害以及含水量或易燃风险等等。

本文以 3 种指标为例，对城市绿地进行分析。

(1) 红边归一化植被指数 (RENDVI)

该指数是对传统 NDVI 的修改，对于不同密度条件下的植被健康检测更加通用。应用包括精准农业、森林监测和植被压力检测。绿色植被 RENDVI 的常用范围为 0.2 到 0.9。主要用于测量植被健康程度，RENDVI 值越高代表植被相对越健康。RENDVI 计算方法如下：

$$RENDVI = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705}}$$

式中， ρ_{750} 和 ρ_{705} 为波长 750 和 705 nm 对应的反射率值。



图 4 植被生长情况分析结果

(2) 结构不敏感色素指数(SIPI)

该指数最大限度地提高对大量类胡萝卜素与叶绿素的比率的敏感性,同时降低对冠层结构变化的敏感性。应用包括植被健康监测、植物生理应激检测。绿色植被 SIPI 的常见范围为 0.8 至 1.8。该指数主要用于测量植被胁迫性, SIPI 值越高代表植被生长压力相对越大。SIPI 计算方法如下:

$$SIPI = \frac{\rho_{800} - \rho_{445}}{\rho_{800} - \rho_{680}}$$

式中, ρ_{445} 、 ρ_{680} 和 ρ_{800} 分别为波长 445、680 和

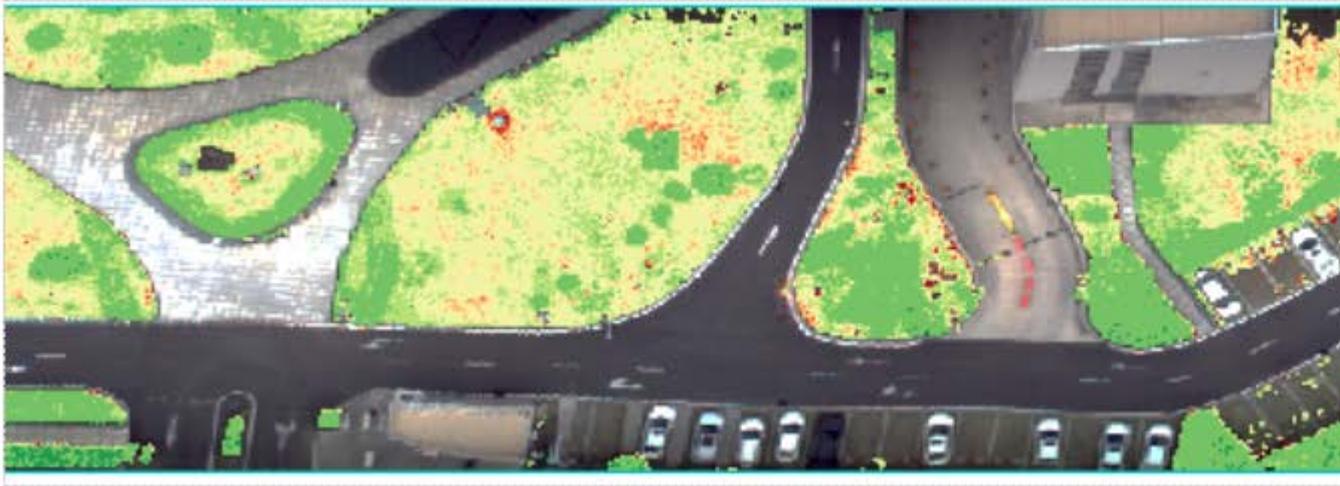


图 5 植被生长胁迫性（如病虫害，干旱等）分析结果

(3) 水波段指数(WBI)

树冠含水量指数提供了叶面冠层中含水量的量度。含水量是植被的重要参数，较高的含水量表明植被更健康，可能生长相对更快或者具有更低的火灾风险。随着植被冠层含水量的增加，叶片对 970 nm 的光吸收强度相对于 900 nm 的吸收强度逐渐增加。应用包括树冠应力分析、火灾风险分析和农业管理。绿色植被 WBI 的常见范围是 0.8 到 1.2，**值越高代表植被含水量相对越低。**

$$WBI = \frac{\rho_{970}}{\rho_{900}}$$

式中， ρ_{970} 和 ρ_{900} 为波长 970 和 900 nm 对应的



图 6 植被冠层含水量分析结果

3、城市水环境分析

城市内部水环境是城市治理的重要内容。伴随经济的高速发展，人类活动的增强导致河流、湖泊水质污染问题日益严重。传统的水环境调查都是采用人工实地采样和实验室采样分析，效率低下，研究范围也很受限。因此需要利用技术手段展开对水环境开展全面的研究和保护。基于无人机高光谱对水体进行影像采集，之后利用反演模型，可以监测水体污染情况。以城市内河道为例，研究水体的浊度和叶绿素浓度情况，其中浊度可以反映水体污染情况，叶绿素浓度可以反映水体富营养化情况。分析结果示意图如图 7 所示。

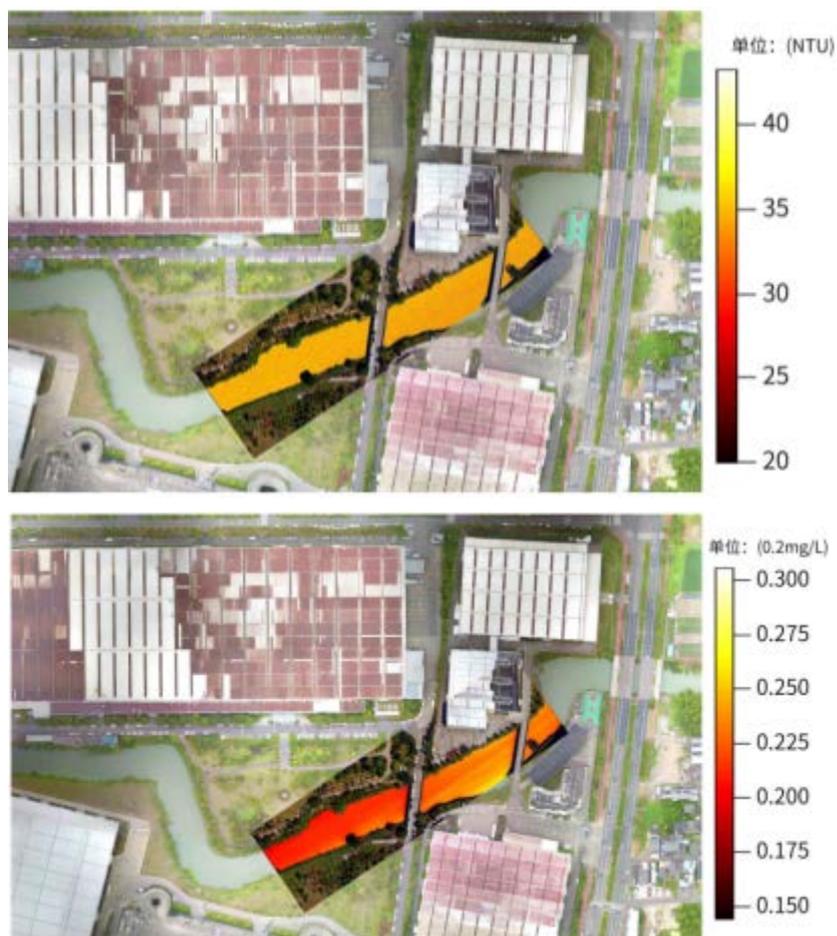


图 7 厂区河道水质浊度和叶绿素浓度分析结果

→更多参数资料，欢迎咨询索取

奥谱天成致力于开发国际领先的光谱分析仪器，立志成为国际一流的光谱仪器提供商，基于特有的光机电一体化、光谱分析、云计算等技术，形成以拉曼光谱为拳头产品，光纤光谱、高光谱成像仪、地物光谱、荧光光谱、LIBS 等多个领域，均跻身于世界前列，已出口到全球 50 多个国家。

- ◆ 承担“厦门市海洋与渔业发展专项资金项目”（总经费 4576 万元）；
- ◆ 2021 福建省科技小巨人科技部；
- ◆ 刘鸿飞博士入选科技部“创新人才推进计划”；

- ◆ 国家高新技术企业；
- ◆ 刘鸿飞博士获评福建省高层次人才 B 类；
- ◆ 主持制定《近红外地物光谱仪》国家标准；
- ◆ 国家《拉曼光谱仪标准》起草单位；
- ◆ 福建省《便携式拉曼光谱仪标准》评审专家单位；
- ◆ 厦门市“双百人才计划”A 类重点引进项目（最高等级）；
- ◆ 国家海洋局重大产业化专项项目承担者；
- ◆ “重大科学仪器专项计划”承担者。