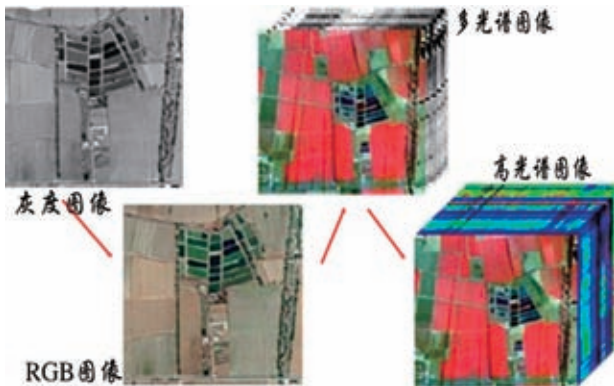
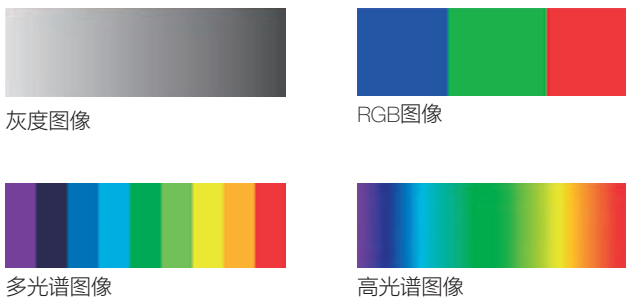


高光谱成像技术及应用介绍

高光谱成像 (Hyperspectral Image) 是集探测器技术、精密光学机械、微弱信号检测、计算机技术、信息处理技术于一体的综合性技术。是一种将成像技术和光谱技术相结合的多为信息获取技术，同时探测目标的二维几何空间与一维光谱信息，获取高光谱分辨率的连续、窄波段的数据。高光谱图像数据的光谱分辨率高达 $10^{-2}\lambda$ 数量级，在可见到短波红外波段范围内光谱分辨率为纳米 (nm) 级，光谱波段数多达数十个甚至上百个，各光谱波段间是通常连续，图像数据的每个像元均可以提取一条完整的高分辨率光谱曲线。与多光谱遥感影像相比，高光谱影像不仅在信息丰富程度方面有了极大的提高，在处理技术上，对该类光谱数据进行更为合理、有效的分析处理提供了可能。

一、成像技术

成像技术的发展经历了大概 4 个阶段，第一个阶段是灰度图像阶段，即只有最多 (28=) 256 种灰度的图像 (例：黑白照片)；第二阶段为彩色图像阶段，由三个特定波长：红、绿、蓝在可见光区域创建一个图像 (例如数码照片, 电视机等)；第三阶段，多光谱图像阶段，由几个特定波段的滤光片组成的多光谱系统，可以得到改波段下的多光谱图像，该图像较之 RGB 图像已经得到了更多的光谱信息；第四个阶段，即为高光谱成像阶段，该阶段最大的特点是光谱连续，波段数多，高光谱分辨率保证的更多特征波谱的提取。



(图片来源于网络)

二、高光谱成像的基本概念

1、什么是高光谱？

在紫外 (200-400nm) 到可见光 - 近红外 (400-1000nm), 再到红外 (900-1700nm, 1000-2500nm) 波段范围内，能够得到既多又窄的光谱波段，每个波段的数量级在 nm 数量级，这就保证了极高的光谱分辨率，又得到了平滑连续的光谱曲线。

2、高光谱成像的特点

高光谱成像的特点是光谱分辨率高、波段连续，能够在紫外到红外大范围内获得多而窄的、波段数达上百个连续光谱，光谱分辨率可达 nm 级；“图谱合一”，高光谱获取的不仅是图像信息，还包括物体的光谱信息。这些信息表现了物体的影像特征和辐射强度及其光谱特征。三个重要特征组成了高光谱数据。

3、概念解释

光谱分辨率：探测器在波长方向上的记录带宽，又称为波段宽度 (band-width)。严格定义为仪器达到光谱响应最大值的 50% 时的波长宽度。

空间分辨率：对于成像光谱仪，其空间分辨率是由仪器的角分辨率，即瞬时视场角决定的 (某一瞬间探测单元对应的瞬时视场)。

视场角 (FOV)：扫描过的角度，与成像距离 H 共同决定了有效成像范围。

$$\text{有效成像范围} = 2H \cdot \tan(\text{FOV}/2)$$

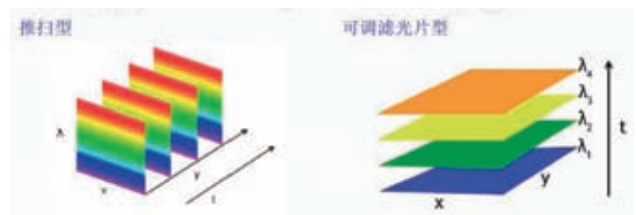
光谱采样点：光谱分辨率 = 光谱范围 / 通道数 (理论上)

如 400-1000nm, 1040band, 即光谱采样点 = $600/1040 = 0.57\text{nm/pixel}$

4、成像方式

基于滤波片成像：通过连续采集一系列波长条件下的样品二维图像，对应每个波长 (λ) 就有一幅二维图像，从而得到三维图像块。

基于推扫型成像：入射狭缝 (Entrance Slit) 位于准直系统的前焦面上，样品 (Target) 的入射光经准直光学系统准直后，经过棱镜 - 光栅 - 棱镜色散后有成像系统将光能按波长顺序成像在探测器的不同位置上。然后在垂直于狭缝方向使被测物与狭缝实现一维相对运动，得到被测物的二维空间信息与光谱信息。

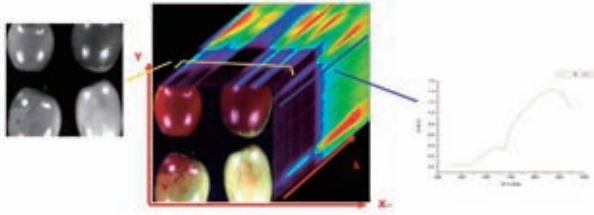


5、高光谱数据构成

高光谱数据的三维的，有时称为图像块或超级数据立方体 (Super Hypercube)。其中的二维信息的图像像素的横纵坐标 (x 和 y)，第三维是波长信息 (λ)。

图像维：与一般的图像相似。

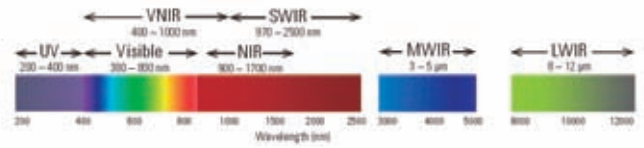
光谱维：对应高光谱图像的每一个像元，均有一个连续的光谱曲线。



6、高光谱的优势

高光谱图像集样本的图像信息与光谱信息于一身。图像信息可以反映样本的大小、形状、缺陷等外部品质特征，由于不同成分对光谱吸收也不同，在某个特定波长下图像对某个缺陷会有较显著的反映，而光谱信息能充分反映样品内部的物理结构、化学成分的差异。所以，高光谱图像能够反映综合品质。不同物质间千差万别的光谱特征和形态利用高光谱影像技术可以很精细的得到明显的反映。

7、光谱范围



紫外 UV(200-400nm)

可见 VIS(380-800nm)

近红外 VNIR(400-1000nm)

红外 NIR(900-1700nm)

短波红外 SWIR(970-2500nm)

中红外 MWIR(3-5 μ m)

远红外 LWIR(8-12 μ m)

8、应用方向

UV	VIS	VNIR	NIR	SWIR	MWIR	LWIR
取证：指纹， 伪钞	颜色	果蔬	塑料	制药	热气体	矿物质
半导体	图画	成熟度	分选	矿物质		水体温度