



福建師範大學  
FUJIAN NORMAL UNIVERSITY

地理科学学院、碳中和未来技术学院

## 《遥感数字图像处理》 实验报告

学 号： 109090000000

姓 名： 许愿

专业班级： 地理信息科学 2023 级

授课教师： 李新通

成绩： 评阅日期：

2025 年 9 月

# 实验一：传感器与影像特征参数表制作

## 1 实验目的

本实验旨在通过系统性地研究、整理与分析全球主流对地观测卫星及其传感器的技术参数，达成以下几个核心目的：

① 构建理论基础：系统性回顾并深入理解主、被动遥感传感器的基本工作原理，为后续的参数对比与分析建立坚实的理论基础。通过学习遥感信息从获取到成像的全过程，掌握不同类型传感器的技术特点与适用范围。

② 掌握关键参数：准确定义并区分用以描述传感器性能与影像质量的四大核心分辨率（空间、光谱、辐射、时间）以及刈幅宽度、轨道参数的关键指标。理解这些参数如何共同决定遥感数据的应用潜力与局限性。

③ 综合数据资料：以课程教材为基础，结合权威网络数据源，经过核实后制作一份全面、准确、具备时效性的传感器与影像特征参数对比表。

## 2 实验原理

### 2.1 遥感信息获取与传感器分类

遥感是在不直接接触目标物的情况下，通过传感器远距离探测地物反射或辐射的电磁波能量，从而获取其属性信息的一门科学与技术。整个过程始于能源（指代太阳或传感器自身），经由大气传输，与地表目标发生相互作用，再由传感器平台接收记录，最终处理成遥感影像。遥感影像的数值（亮度值或 DN 值）具有明确的物理意义，反映了地物的电磁波谱特性。

根据工作方式的不同，遥感传感器可分为两大类：

① 被动式传感器：该类传感器自身不发射电磁波，而是接收由太阳等自然辐射源发出，经地物反射或地物自身热辐射的电磁波能量。绝大多数光学遥感卫星，如美国的 Landsat 系列和欧洲的 Sentinel-2 系列，均搭载被动式传感器。其主要优势在于技术成熟、数据直观，但其成像受光照条件和天气状况的严重制约。

② 主动式传感器：该类传感器主动向地表发射特定波段的电磁波（通常是微波），并接收从地物返回的后向散射信号进行成像。其典型的代表是合成孔径雷达，如加拿大的 RADARSAT 系列和欧洲的 Sentinel-1 系列。其最大优势在于能够全天时（不受光照限制）、全天候（能穿透云、雨、雾）地获取地表信息，这在应急响应和灾害监测中至关重要。

根据成像和扫描机制，传感器又可分为不同类型：

① 物面扫描式：通过一个往复摆动的反射镜，将地表条带的能量逐点或逐行地汇聚到少量探测器上进行成像。早期的 Landsat MSS/TM 传感器即采用此方式。这种机制结构复杂，活动部件易发生故障，如 Landsat 7 的扫描行校正器故障导致影像出现条带。

② 推扫式：采用一整条线阵探测器，在卫星平台前进的过程中，像“推扫帚”一样逐行获取数据。这种设计无活动扫描部件，结构更简单、可靠性更高。同时，每个探测单元对地物的持续探测时间更长，显著提高了信噪比和辐射测量精度。现代主流光学卫星，如法国的 SPOT 系列、Landsat 8/9 和 Sentinel-2，均采用推扫式成像。

## 2.2 遥感影像关键特征参数详解

遥感影像的质量和潜力由一系列关键参数共同决定，其中四大分辨率尤为重要。

### 2.2.1 空间分辨率

空间分辨率指遥感影像上能够分辨的最小地物尺寸，通常用地面采样距离来表示，单位为米（m）。它决定了影像的精细程度。例如，Landsat 9 的多光谱波段空间分辨率为 30 m，意味着影像上的一个像素对应地面 30 m x 30 m 的区域，适合进行区域性的土地覆盖分类；而其全色波段分辨率为 15 m，能提供更丰富的地物细节。商业卫星（如 WorldView-3）的全色分辨率高达 0.31 m，能够清晰分辨车辆、道路标线等小型地物，适用于精细城市制图和目标识别。

### 2.2.2 光谱分辨率

光谱分辨率描述传感器探测电磁波谱的波段数量和每个波段的宽度。波段数量越多、波段宽度越窄，光谱分辨率越高，对地物的识别能力也越强。

### 2.2.3 辐射分辨率

辐射分辨率指传感器区分电磁辐射强度细微差异的能力，通常用量化比特数（bit）表示。它决定了影像灰度层次的丰富程度。更高的辐射分辨率意味着传感器对地物辐射能量的变化更敏感，尤其在探测暗地物（如水体、浓密植被）或亮地物（如冰雪）时，能够保留更多有效的细节信息，避免信号饱和或信息丢失。

### 2.2.4 时间分辨率

时间分辨率指卫星重复观测同一地点的周期，通常用天表示。它反映了遥感系统监测地表动态变化的能力。例如，单颗 Landsat 卫星的重访周期为 16 天。高时间分辨率对于监测作物生长、洪涝灾害、森林火灾等快速变化现象至关重要。通过卫星组网是提高时间分辨率的有效手段，例如，Sentinel-2 双星星座在全球大部分陆地区域的重访周期能够被缩短至 5 天。

### 2.2.5 刈幅宽度与轨道参数

① 刈幅宽度：指传感器单次过境时能够覆盖的地面条带宽度，单位为千米（km）。宽刈幅有利于快速覆盖大面积区域，但通常以牺牲空间分辨率为代价。例如，Landsat 9 的刈幅宽度为 185 km，而 Sentinel-3 的 OLCI 传感器刈幅宽度高达 1270 km，专为全球尺度海洋和陆地监测设计。

② 轨道参数：主要包括轨道高度和轨道类型。大多数对地观测卫星运行在太阳同步轨道，确保每次过境时具有相似的光照条件，便于多时相影像的对比分析。轨道高度直接

影响空间分辨率和刈幅宽度。少数卫星（如高分四号）运行在地球静止轨道，可对特定区域进行高频次的凝视观测，但空间分辨率较低。

## 3 实验工具与实验数据

### 3.1 实验工具

① 文字处理软件：金山 WPS Office，用于实验报告的撰写和排版。

② 浏览器：Google Chrome，用于访问和检索在线数据库、航天机构的官网，获取最新的卫星与传感器参数。

### 3.2 数据来源

《遥感数字图像处理（第三版）》课程教材，为本实验提供了基础理论框架和部分卫星系统的基线参数。同时，本实验还参考了美国国家航空航天局（NASA）、中国国家航天局（CNSA）及相关政府信息发布平台，获取高分系列卫星的状态及相关信息。

## 4 实验流程

① 理论学习与参数定义：研读课程教材的相关章节，理解遥感基本原理，掌握空间、光谱、辐射、时间分辨率等核心参数的科学定义。

② 基线数据提取：以教材中的参数表为基础，提取 Landsat、SPOT、高分等经典卫星系列的初始参数，构建参数表的初步框架。

③ 在线调研：针对每一个卫星系列进行专项网络调研，访问 NASA 等官方机构网站，查找最新、最权威的技术规格说明。

④ 参数核实与状态确认：对搜集到的数据进行交叉验证，特别是核实各卫星当前的运行状况，标记出已退役或失效的卫星，如 IKONOS、QuickBird、WorldView-4。

⑤ 参数表综合编制：将经过验证的数据按照不同的卫星系列填入最终的综合参数表中，确保格式统一、内容完整。

⑦ 报告整合与排版：将所有内容（目的、原理、步骤、结果等）整合为一份完整的实验报告。

## 5 实验步骤

本实验的具体步骤如下：

① 参数定义与基线数据提取：从课程教材的第一章和第二章明确了本实验所需整理的各项参数的定义。从教材和网络资料中提取了 Landsat 系列、部分高分辨率商业卫星（IKONOS、QuickBird、WorldView）以及欧洲哥白尼计划（Sentinel）等代表性卫星的发射时间、轨道高度、分辨率、波段数、刈幅宽度等基础参数，形成了参数表的初始数据集。

② 数据验证与扩展：针对每个卫星系列，利用网络资源进行深入调研以验证和补充数据。通过检索“Landsat 9 sensor parameters”，从 NASA 和 USGS 的官方网站获得了 Landsat 9 的详细信息，确认其搭载的 OLI-2 和 TIRS-2 传感器，辐射分辨率提升至 14-bit，并明确了 11 个波段的具体波长范围和分辨率，这些信息是对教材内容的必要更新。同样，从 ESA 官方渠道获取了 Sentinel-1、-2、-3 卫星星座的完整、详细参数，丰富了报告的内容。

③ 运行状态核实：此步骤至关重要，旨在确保报告信息的时效性。教材中介绍的 IKONOS、QuickBird 和 WorldView-4 是高分辨率商业卫星的典范。然而，通过核查发现，这些卫星可能已停止服务。IKONOS 于 2015 年 3 月正式退役；QuickBird 于 2015 年 1 月再入大气层；WorldView-4 因控制力矩陀螺故障于 2019 年 1 月失效。这些信息需要在最终的参数表中明确标注，保证报告科学严谨性。

④ 表格编制与组织：将所有经过核实、更新和补充的数据，系统地汇编为一张参数表。考虑到大篇幅的表格存在难以分类和清晰、明确地浏览等问题，将表格以卫星系列为标准，区分为了三张参数表。

## 6 实验结果

### 6.1 主要对地观测卫星传感器与影像特征参数总表

#### 6.1.1 中分辨率陆地观测卫星（Landset）

名称	发射时间	运行状况	传感器	传感器类型	空间分辨率(m)	光谱特性	辐射分辨率(bit)	时间分辨率(天)	刈幅宽度(km)	轨道高度(km)
Landsat 7	1999.04.15	在轨运行	ETM+	光学，物面扫描	全色:15 多光谱:30 热红外:100	8 个波段(可见光-短波红外、全色、热红外)	8	16	185	705
Landsat 8	2013.02.11		OLI, TIRS	光学，推扫式		11 个波段（新增海岸/气溶胶、卷云波段）	12			
Landsat 9	2021.09.27		OLI-2, TIRS-2			14				

#### 6.1.2 高分辨率商业卫星

名称	发射时间	运行状况	传感器	传感器类型	空间分辨率(m)	光谱特性	辐射分辨率(bit)	时间分辨率(天)	刈幅宽度(km)	轨道高度(km)
IKONOS	1999.09.24	已退役	OSA	光学推扫式	全色: 0.82, 多光谱: 3.2	4+全色(蓝、绿、红、近红外)	11	~3	11.3	681
QuickBird	2001.10.18	已退役	BGIS2000		全色: 0.61, 多光谱: 2.44			1~3.5	16.5	450
WorldView-3	2014.08.13	在轨运行	WV110		全色: 0.31, 多光谱: 1.24, SWIR: 3.7	16+全色(含海岸、黄、红边等)	11/14	<1	13.1	617
WorldView-4	2016.11.11	失效			全色: 0.31, 多光谱: 1.24	4+全色	11			

6.1.3 欧洲 Copernicus 计划卫星

名称	发射时间	运行状况	传感器	传感器类型	空间分辨率(m)	光谱特性	辐射分辨率(bit)	时间分辨率(天)	刈幅宽度(km)	轨道高度(km)
S-1A/B/C	2014/2016/2024	在轨运行	C-SAR	雷达 SAR	5-40 (取决于模式)	C 波段 (5.405 GHz)	-	6 (双星) / 12 (单星)	80-410 (取决于模式)	693
S-2A/B/C	2015/2017/2024		MSI	光学推扫式	10, 20, 60	13 个波段 (可见光、红边、近红外、短波红外)	12	5 (双星) / 10 (单星)	290	786
S-3A/B	2016/2018		OLCI, SLSTR, SRAL	光学, 热红外, 雷达高度计	300 (OLCI), 500/1000 (SLSTR)	21 (OLCI), 11 (SLSTR)	-	<1 (SLSTR), <2 (OLCI)	1270 (OLCI)	814.5