

· 图像与信号处理 ·

## 地球观测卫星遥感图像处理技术研究

杨 凯<sup>1</sup>, 胡 波<sup>2</sup>

(1. 光电系统信息控制技术国家级重点实验室, 河北 三河 065201; 2. 东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

**摘 要:**介绍了地球观测卫星的遥感图像数据的特征,分析了主要的遥感卫星及其测量原理,针对观测图像中辐射量失真、几何畸变、大气散色引起的失真等问题,分析研究了各种校正方法,并对遥感图像的应用技术发展趋势进行了展望.

**关键词:**遥感技术;辐射校正;几何校正;遥感信息处理;地球观测卫星

中图分类号: TP751

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2010)04-0077-04

## Study of the Remote Sensing Image Processing Technology of Earth Observation Satellites

YANG Kai<sup>1</sup>, HU Bo<sup>2</sup>

(1. National Lab. of Electro-Optic System Technology, Sanhe 065201, China;

2. Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China )

**Abstract:** The remote sensing image characteristics are introduced, the remote sensing satellite and its major measuring principle are analyzed. Three correction methods have been studied for the problems of radiometric distortion, geometric distortion, and San color distortion caused by atmosphere. The prospect of the application of the remote sensing image is presented.

**Key words:** remote sensing technology; radiometric correction, ceometric correction; remote sensing information processing; earth observation satellites

### 1 遥感图像数据的特征

在人造卫星、宇宙飞船等上面安装着各种传感器,随着新型传感器的开发,计算机性能的提高,大范围地观察地球环境的遥感技术近年发展快速.遥感图像的特征是:①图像尺寸极大;②所得到的图像是在多个光谱波段上测得的多光谱图像;③如果传感器的灵敏度给定,就可以转换为辐射亮度值;④利用频谱放射亮度,能够提取地球环境有关的各种信息.

针对不同的观测目的,目前已开发出了应用于遥测的各类传感器,有观测地面反射光谱的可视近

红外传感器,观测地表温度的热红外传感器,透过云层观测地面的微波传感器等等.微波传感器中包括直接观测地面的微波辐射和先发射激励脉冲再观测地面反射这两种雷达传感器.另外,还可根据观测目的灵活选用传感器的地面分辨率,即用低分辨率传感器(地面分辨率为数公里)监测全球性的地球环境,用高分辨率传感器(地面分辨率为 10~30 m)监测地区性的环境.

在分析由不同的传感器所得到的图像时,对于不同的传感器性能,必须选用与之相应的处理算法.介绍了在 Landsat 卫星上安装的 MSS(multi-spectral scanner,多光谱扫描器)传感器和 TM(thematic mapper,专题绘图)传感器等,探讨了以地球环境监

收稿日期:2010-06-11

基金项目:国家部委基金资助项目

作者简介:杨凯(1977-),男,辽宁辽阳人,硕士研究生,工程师,主要研究方向为伺服系统控制.

测为目的,由高分辨率可视近红外传感器得到的多光谱图像数据的基本处理方法。

## 2 主要的地球观测卫星

最早的地球观测卫星是 1972 年美国 NASA 发射的 Landsat-1. Landsat-1 安装了多光谱扫描器,它有从波段 1 到波段 4 的 4 个不同的波长,用于观测地球表面反射光的光谱. Landsat-1 最早用事实证明地球环境监测卫星遥感技术的有效性. 另外,它还为世界遥测研究者廉价地提供 Landsat 图像数据,为此而开发的各种多光谱图像处理算法也很快地发展起来。

Landsat 卫星上安装的 MSS 传感器是振动旋转镜以机械扫描方式采集光信息的. 一次扫描的扫描角度为  $11^\circ$ ,在地面上对应的扫描幅宽为 185 km. 由扫描镜采集的光用棱镜分为 4 个光谱波段,每个光谱波段有 6 个,合计 24 个 CCD 元件配置在棱镜后面,由此接收光信号. 将进入 CCD 元件的光转变为电压,经 A/D 转换器量化为 7 bit(128 灰度级)的数字量,存储在数据记录仪中,当卫星靠近地面某个接收机构时,将在此之前存储的数据发送回地面。

卫星自北向南移动, MSS 仅在与卫星前进方向相垂直方向上(由西向东)反复扫描,结果就可获得二维图像数据. Landsat MSS 传感器的地面分辨率在正下方处为 79 m(当观测角度为  $\theta$  时,地面分辨率为  $79 \text{ m}/\cos\theta$ ). 对地面  $79 \text{ m} \times 79 \text{ m}$  的小区域反射的辐射亮度值在相应波段上进行积分,所获得的能量与 MSS 上多光谱图像数据序列中响应的某一个像素灰度值成正比。

此后又连续发射了一系列 Landsat 卫星,现在正在使用的是 Landsat-5. Landsat-4 及 Landsat-5 上的 MSS 与另几个卫星上的 MSS 有相同的机械扫描方式,但安装了性能更高的 TM 传感器. TM 传感器的地面分辨率约为 30 m,灰度级提高到 8 bit(256 个灰度级),另外光谱波段数也增加到 7 个波段. 一幅 MSS 图像尺寸约为  $2\,300 \times 2\,300$  像素,而 TM 提高了地面分辨率,它的整幅图像尺寸约为  $6\,100 \times 6\,100$  像素,且本身尺寸也变得很大. 表 1 列出了 Landsat 中 MSS 和 TM 传感器的性能<sup>[1]</sup>。

表 1 Landsat 卫星 MSS 及 TM 传感器的特性

光谱波段	波长范围	地面分辨率/m	
MSS	波段 1	0.50~0.60(蓝)	79
	波段 2	0.60~0.70(绿)	79
	波段 3	0.70~0.80(红)	79
	波段 4	0.90~1.10(近红外)	79
TM	波段 1	0.45~0.52(蓝)	30
	波段 2	0.52~0.60(绿)	30
	波段 3	0.63~0.69(红)	30
	波段 4	0.76~0.90(近红外)	30
	波段 5	1.55~1.75(短波红外)	30
	波段 6	10.4~12.5(热红外)	120
	波段 7	2.08~2.35(短波红外)	30

## 3 遥感信息处理

遥感图像具有两大特点:一是信息量大,二是图像信息中存在着噪声和失真. 为了节省遥感信息的存储容量,提高数据传输效率,需要对遥感信息进行编码压缩. 为了去除噪声必须运用图像处理的方法进行预处理. 多光谱扫描仪在录取图像的过程中产生误差和几何畸变失真. 为了补偿这些失真,必须利用计算机进行校正,包括辐射量的校正、大气干扰的校正、几何校正等. 因而遥感信息处理的框图如图 1 所示<sup>[2]</sup>。

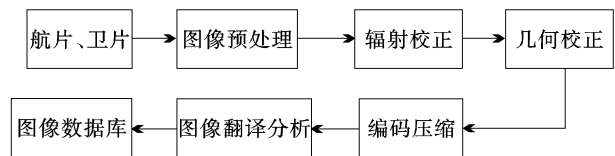


图 1 遥感信息处理流程

### 3.1 辐射量的校正

当检测器的输入信号与输出信号为线性关系时,检测器是比较理想的,但是,对于由许多检测元件构成的检测器,即使各个元件的敏感特性是线性的,其系数也会不同,因而检测器就很难具有理想的性能. 卫星上安装的检测器是由许多 CCD 元件构成的,随这些元件的敏感特性不同,输出信号中会产生不同的偏离现象,对这些输出信号偏移量进行校正称为辐射量校正. 在进行辐射量校正时,了解获得图像数据的 CCD 元件在传感器中具体的几何排列以及扫描方式等有关内容是有必要的。

### 3.2 大气层干扰的校正

卫星是从大气层外面观测大气所包围的地球表面的,所以入射到传感器中的辐射亮度除目标的直接发射以外,还有和地面不发生作用,经大气粒子反复散射和吸收,以及到达传感器的途径中的辐射亮度,又经目标周围地面反射,再同大气粒子发生散射的周围辐射亮度成分.将直接辐射亮度成分以外的辐射量除去,将地面各个目标变换成具有固有光谱反射率的图像,这就是大气干扰的校正.大气层中存在氧、臭氧、氮等分子,这些分子相对于纬度和季节的不同,存在一定程度上的稳定性,所以在清澈干净的大气状态下所拍卫星图像,可以作为地球标准大气的模型,这样一来就可以实现大气干扰的校正了.但是,一般情况下,大气层中除大气分子外,还存在相互之间发生大量散射和吸收的悬浮颗粒和水蒸气.悬浮颗粒和水蒸气随空间和时间的变化都很大,它们存在大气中时,大气干扰的校正就比较困难.但是,对卫星同步的大气观测数据和清洁大气状态下所拍卫星图像,用下面的方法进行校正.

从目标上部的大气入射到传感器中的辐射亮度可以用目标的反射率和周围的平均反射率近似地表示.即

$$I_T = (s\bar{A} + t)A_t + (p - s)\bar{A}^2 + (q - t)\bar{A} + r$$

这里,  $p, q, s, r$ , 及  $t$  为辐射系数,是关于太阳的入射角、观测角、大气的光学厚度等的函数.如果利用大气模型或卫星同步的大气观测数据,就可以计算它们的值.

### 3.3 几何校正

卫星图像中的几何畸变,具体地表现为图像中各个像素在图像坐标系中的排列,与这些像素所对应的地面目标点在地球坐标系上的排列不同.重新排列卫星图像中各个像素,使其与地图相符的操作称为几何校正.造成卫星图像几何畸变的原因有:①传感器内部引起的失真;②传感器外部引起的失真两种.对于前者,与光学系统、元件排列的差异、扫描镜扫描速度的变化等有关.而后者,与平台姿势、地球的自转和曲率、卫星轨道的倾角、地形的起伏等有关.当有数千公里的观测宽度时,如气象卫星“向日葵”号、NOAA 卫星等,对于地球曲率的影响几何畸变很大,所以校正是不可缺少的.

## 4 遥感图像的应用

### 4.1 地质遥感图像处理与应用

地质遥感工作有进行地貌、地物特征信息的研究,进行地球物理与化学特征光谱的测定与分析,并进行矿区岩类和矿区构造的识别的研究.有了这些基础研究工作,再运用遥感图像进行目视解释和人机交互解释,就可制成地质遥感的分类图样本.特别是在大范围的地质勘探工作方面,国内外均取得了重要成果.

### 4.2 森林遥感图像处理与应用

在国内外许多森林管理部门均已建立了遥感系统,定期地利用遥感卫星资料分析森林样本、森林长势.在管理部门的 60 多项指标中的一些指标可以从遥感图像资料上获得,因而构成了森林的遥感信息库.这个庞大遥感信息库对于管理部门制定砍伐、种植、保护、抗虫灾害等方案均具有重大意义.

### 4.3 国土资源遥感图像处理与应用

在农业资源的开发利用方面,应用遥感技术进行农作物估产,诸如小麦、水稻、玉米、大豆的长势及产量预测.对于大片草场的调查与监测,对于生态环境,对于畜牧业均是非常重要的.遥感图像对于大面积的草原的观测尤其显示出它的优越性,估计草的长势及产量和草场潜力.国土自然灾害的监测,遥感技术又是大有作为,大面积的洪涝灾害和干旱,遥感图像提供了准确的信息,对于抗灾、救灾发挥了重要的作用.

### 4.4 海洋遥感图像处理与应用

在海洋遥感的应用上有下面重要的方面:海浪观测,它涉及到航海及海洋渔业、海岸变迁、海岸河口研究、海滩利用、海洋石油及其他海洋资源;海洋水文,水温,海洋动力学研究;海洋环境污染监测等.

## 5 展 望

如果用现场调查和土地资源利用图等来分析卫星遥感图像的光谱分类,对于海洋和山川等均匀开阔区域的分类精度达到 90% 以上,城市部分等各种

对象掺杂在一起的小区域的分类精度停留在 40%~60% 以下. 主要原因可能是: ①现场调查和土地资源利用图的分类项目是由人决定的, 这些分类项目和对象光谱分类项目未必一致. ②在几个对象掺杂的区域, 由各个目标物反射的光谱信号混合在一起后输入到卫星传感器, 彼此之间存在相互影响. 目前, 正在研究用神经网络技术对图像类别进行分类, 它的精度比光谱分类精度有所提高. 现在卫星传感器和图像处理技术在提取全球性地理环境信息中可以说还是比较有效的, 但在区域环境监测要求精度较高和制作土地资源利用图时, 还不能达到直接使用的阶段. 提高分类精度的关键不是提高图像处理技术, 而应该提高卫星传感器的光谱分辨率和地面分辨率. 现在卫星传感器仅有可视·红外波长范围的

几个波段且地面分辨率为 10~30 m, 未来的卫星将安装几十到几百个波段的可视·红外传感器和地面分辨率为数米的传感器. 可以肯定, 由于卫星传感器所取得的数据量扩大了很多, 在卫星遥测数据处理技术中, 会更多地采用数据压缩、解压的方法. 另外, 光谱波段数显著增加, 每个目标物有多个观测波段, 必须开发搜索最佳波段组合的分析方法, 也可以预料将会有更高级的技术进行光谱分类.

### 参考文献

- [1] 谷口庆治. 数字图像处理[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [2] 夏德深. 现代图像处理技术与应用[M]. 南京: 东南大学出版社, 2001.

(上接第 68 页)

$$C(\theta) = \sum_{\theta'=0}^{360} S_{p1}(\theta') S_{p2}(\theta' - \theta), 0 \leq \theta < 360 \quad (3)$$

$C(\theta)$ 取最大值时对应的  $\theta$  即为待测图像与模板图像之间的旋转角度差; 根据此旋转角度使用三次卷积算法对目标图像进行相应的旋转得到初步的配准图像(如图 3c).

为修正初步估计的圆心坐标, 计算旋转后的目标纹理图像的垂直/水平积分投影, 并与模板纹理图像的垂直/水平积分投影分别进行与式(3)类似的互相关计算, 寻找最大相关位置, 作为进一步优化的平移变换参数. 其后, 调整极坐标系的极点至新的圆心, 再一次计算极坐标系积分投影及旋转角度差, 并进行旋转变换. 如此迭代, 直至参数的变化小于设定值, 完成图像的精确配准.

### 3 结 束 语

针对目前贵重铸币的真伪鉴别和品相评价所采用的人工识别方法存在的主观性和效率低的不足之处, 为提高鉴别的准确性和评价的客观性, 文中研究了铸币图像自动识别技术, 该算法也可用于铸币制造过程中的在线质量控制. 样本与模板图像的精确配准是基于图像的铸币识别与检测的核心环节, 其准确性将直接影响到整个系统. 由于铸币的纹理主要是压印形成的凹凸字符或图形, 在图像中灰度差

别较小, 直接使用原始目标图像的灰度不能很好地表示图像的细节变化, 因此文中提出了一种基于图像纹理信息的准确有效的铸币图像自动配准算法. 使用图像边缘作为积分投影的对象, 以铸币的纹理信息代替灰度信息, 提高各投影区域的差异性; 通过样本及模板纹理图像积分投影曲线的最大互相关确定平移及旋转变换参数, 以多次迭代不断修正配准结果, 提高配准的精确度. 该算法已实用于贵重铸币的真伪鉴别和品相评价系统中, 证实其对不同质量的铸币图像具有较好的鲁棒性. 文中提出的算法是基于典型的圆形铸币, 也可推广用于其他形状的铸币图像配准.

### 参考文献

- [1] 倪国强, 刘琼. 多源图像配准技术分析与发展[J]. 光电工程, 2004, 31(9): 1-6.
- [2] 罗希平, 田捷. 自动指纹识别中的图像增强和细节匹配算法[J]. 软件学报, 2002, 13(5): 946-956.
- [3] 毕晓君, 孙晓霞. 基于蚁群算法的硬币识别研究[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2006, 27(6): 882-885.
- [4] G C Feng, P C Yuen. Variance projection function and its application to eye detection for human face recognition [J]. Pattern Recognition Letters, 1998, 19(9): 899-906.
- [5] 彭浩宇, 王新赛, 张天序. 红外舰船目标的投影特征比较[J]. 红外与激光工程, 2004, 33(1): 59-62.
- [6] 谏安军, 陈炜, 毛士艺. 一种基于边缘的图像配准方法[J]. 电子与信息学报, 2004, 26(5): 679-684.