

遥感数字图像分析

谢 葳



西南交通大学出版社

内容提要

遥感数字图像分析

谢 葳

西南交通大学出版社

(川) 新登字 018 号

内 容 提 要

本书内容主要涉及遥感数字图像处理和分析的基本理论和方法,如介绍了遥感数字图像的校正、增强、多频谱分析及傅立叶变换,阐述了遥感数字图像的模式识别及分类的理论,还结合实例由浅入深地介绍了遥感数字图像监督分类和非监督分类法,以及遥感图像的特性抽取,它们对遥感图像的分析均具有较大的实用性。

本书取材广泛,既有国外新资料,又有作者近年来研究的成果。

本书可用作从事遥感技术应用的专业工作者和工程技术人员参考,也可作遥感技术专业的大学生和研究生的教材或教学参考书。

遥感数字图像分析

谢 葳

*

西南交通大学出版社出版发行

(成都 二环路北一段)

西南交通大学印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/32 印张: 4.8125

字数: 97 千字 印数: 1—1000 册

1995 年 3 月第 1 版 1995 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 7—81022—788—2/P. 026

定价: 4.50 元

前 言

随着遥感技术和计算机技术的发展,遥感数字图像的处理和分析变得越来越重要。它是目前世界上发展最快和最活跃的研究领域之一。遥感数字图像处理和分析的结果广泛地应用于工业、农业、地质、地理、土木、环境、军事等各个领域。各种型号的遥感数字图像处理计算机和软件包投入市场,很快使遥感数字图像处理和分析发展成一个独立的研究领域。改善遥感图像的质量、自动识别遥感图像的内容、将各类物体进行自动分类的理论和方法的大量涌现,使遥感数字图像的处理和分析成为最有吸引力和挑战性的领域。

本书介绍遥感数字图像处理和分析的总概念,比较详细地叙述了遥感数字图像处理的基本理论和方法。全书共分十章,第一、二章介绍遥感数字图像的获取、特点及来源;第三章叙述遥感数字图像的误差来源及其校正;第四、五章介绍遥感数字图像的辐射和几何增强技术;第六、七章介绍遥感数字图像的多频谱变换及傅立叶变换;第八、九章介绍遥感图像的自动分类技术;第十章介绍遥感数字图像的特性抽取。

本书在编写过程中,力求做到概念清楚、深入浅出,避免过多的数学推导。并用一些实例来说明复杂的原理,使遥感图像分析简明易懂。书中介绍的遥感图像处理的方法、分

析的原理，均是目前市场上各种遥感数字图像分析软件包具有的基本功能，故本书有较强的实用性。通过本书内容的介绍，可使读者今后能够看懂有关遥感图像处理方面的专业文章，能够正确了解遥感图像处理的优点和应用范围，以选择本专业所需要的正确的遥感图像处理程序及分析方法。

本书主要内容反映了作者在遥感数字处理方面的研究成果，也反映了国外最新资料。本书可供从事遥感技术应用的专业工作人员及工程技术人员参考，也可作遥感技术应用专业的大学本科生、研究生的教材或教学参考书。由于外语水平和专业水平的限制，难免会有错误和理解不确切的地方，恳请读者批评指正。

作者

1994年12月于成都

目 录

第一章 遥感图像的特点

第一节 概 述	1
第二节 图像数字化及数字化图像的特性	4
第三节 遥感图像数据的直方图	12

第二章 遥感图像数据的来源

第一节 遥感系统中常用的频率范围	16
第二节 地球资源卫星系统	18
第三节 航空可见光和红外光扫描仪	24
第四节 微波图像数据源	27
第五节 空间数据源的类型和形式	29

第三章 遥感图像的误差来源和校正

第一节 辐射误差的来源和校正	31
第二节 几何误差的来源	35
第三节 遥感图像几何误差的校正	39
第四节 数学模型	44
第五节 图像和图像的重合	46

第四章 遥感图像的辐射增强技术

第一节 图像数据的反差增强	48
---------------------	----

第二节	直方图均衡化	54
第三节	直方图的匹配	58
第四节	图像的密度分割	62

第五章 遥感图像的几何增强技术

第一节	卷积运算几何增强	64
第二节	图像的平滑	66
第三节	边界探测和增强	69

第六章 遥感图像数据的多频谱变换

第一节	主分量变换	76
第二节	协方差矩阵	78
第三节	零相关	81

第七章 遥感图像数据的傅立叶变换

第一节	图像数据傅立叶变换的概念	87
第二节	傅立叶变换	92
第三节	一幅图像的分立的傅立叶变换	99

第八章 遥感图像的自动分类方法

第一节	概 述	101
第二节	监督分类法	104
第三节	参数的最大是然率分类法	111
第四节	两维监督最大是然率分类法实例	117

第九章 聚类和非监督分类法

第一节	聚类和非监督分类	125
-----	----------------	-----

第二节	迭代最佳聚类法.....	127
第三节	单通聚类技术.....	130

第十章 遥感图像的特性抽取

第一节	概 述.....	133
第二节	代数法抽取遥感图像的特性.....	137

主要参考文献		145
--------	-------	-----

第一章 遥感图像的特点

第一节 概 述

获得某物体的物理参数，而不与该物体接触的方法叫遥感。有许多方法可以对物体进行遥感测量，如利用地震波、声波、重力、电磁波等均可对物体进行遥测。但通常所说的遥感是指利用物体发射和反射的电磁波构成物体的图像，此图像称作遥感图像。

一幅图像包含了成千上万个文字所表示的内容，是最有效的存贮信息的形式。人类的视觉系统是一个特殊的模式识别系统，它优于任何现有的计算机模式识别系统。人们的眼睛可以对图像进行判识，以获取各种所需要的信息。通俗地讲，最简单的遥感系统是照像机，最普通的遥感图像是照片。

即使在最好的条件下，人眼也只能从遥感图像上获取一部分信息。这是由于物体辐射的衰减、几何变形，以及遥感图像在记录、传输、显示等过程中噪声的介入，使物体发生了很大的变形，影响了人眼正确地判读。利用计算机对遥感图像处理能够移去许多变形，增强有用的信息，可大大增加遥感图像判识的速度和精度。

人眼对遥感图像的频谱特性和亮度的敏感性均受到很大的限制。如人眼由黑到白只能区别 10~20 级亮度水平，而计

算机可区分 256~1024 级亮度水平。人眼对遥感图像的频谱特性识别很困难,而计算机可对遥感图像的频谱特性进行深入的分析,用统计分析的方法得到遥感图像的自动分类图。计算机图像处理大大扩大了遥感图像的判识内容,提高了判读精度,才使人们对大量的遥感信息处理自动化成为可能。人眼对图像的识别是一个主观模式识别的过程,判识的正确与否依赖判识者的专业知识水平,而这些知识又包含有判识者的主观推测,有时会妨碍正确判识。而计算机图像处理就可避免这些主观的因素,而建立一些客观的标准,对图像的特性进行有效的分析。经过计算机处理能探测出遥感图像上复杂的物体的空间和频谱模式,而这些在遥感图像上眼睛是看不见的。

遥感图像处理可分为两大类:第一类图像处理的目的是改善图像的质量。它包括图像辐射误差和几何误差的校正,图像的重合、辐射和几何特性的增强,以及为了视觉判读的其他处理。第二类图像处理是图像的信息抽取,它包含不同形式的模式识别、物体特性探测、空间分析、频谱分析,最后将整幅图像用计算机进行自动分类。事实上这两类处理不是互相矛盾的,视觉分析能进一步帮助计算机对图像进行更精确的分类,计算机对图像分析的结果又扩大了视觉判识的视野和精确性。图像处理的主要步骤如图 1—1 所示。

在大多数遥感系统中,获得的图像是数字化的图像,称遥感图像数据。如遥感图像不是数字图像,就必须将遥感图像数字化。计算机只能处理数字化的遥感图像数据。数字化的精度直接影响图像处理的内容和精度,遥感传输误差对遥感技术应用可以不予考虑。

有了数字化的图像后，图像处理又分为两步。如果噪声较少，变形不大，反差适中，这样的图像可直接进行视觉识别。然而大多数情况下，图像质量较差，不能直接用于判读，而是先要将图像增强，以便人眼能看清图像的细节。

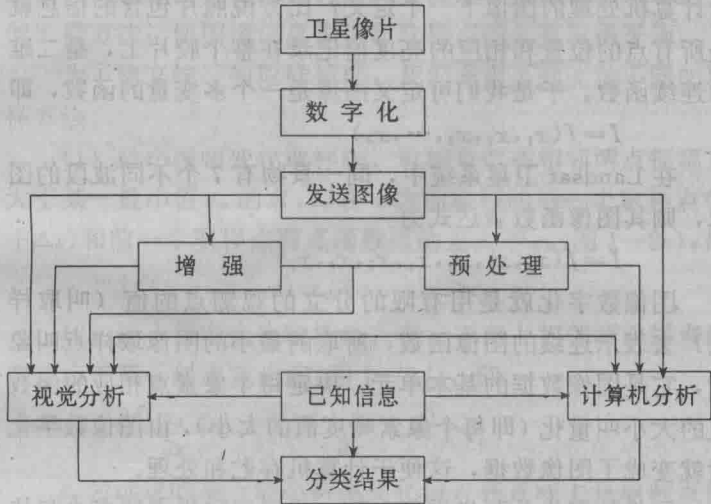


图 1—1 遥感图像处理的主要步骤框图

在图像记录、数字化、传输过程中，图像包含了许多噪声和严重的畸变，就需要对图像进行辐射和几何校正。遥感图像分析是分析图像中物体的特点及它们之间的相互关系，通常需要一些已知的信息和知识，因此收集卫星经过该地时所有地面实际资料（如地图、历史信息和图像处理本身所需要的资料）是必不可少的。用计算机进行图像处理时，分析者必须对中间成果进行评价，建立正确的处理程序。总之只有人和计算机很好地配合，才能得出正确的结果。

第二节 图像数字化及 数字化图像的特性

数字图像的最大优点是能用计算机对其进行处理。如何给计算机处理的图像下一个定义？比方说照片包含的信息就是所有点的位置和相应的亮度值记录在整个胶片上，是二维的连续函数。于是我们可定义图像是一个多变量的函数，即

$$I=f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

在 Landsat 卫星系统中，同一景物有 7 个不同波段的图像，则其图像函数表达式为

$$I=f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)$$

图像数字化就是用有限的分立的观测点的值（叫取样点）去表示连续的图像函数，所取的最小的图像取样点叫像素，它是图像数据的基本单元。决定每个像素点相应的函数值的大小叫量化（即每个像素亮度值的大小），由图像数字化后就变成了图像数据，这便于计算机存贮和处理。

图像数字化分两步进行：第一步确定取样点的多少和位置，即像素空间坐标的数字化，叫取样；第二步确定相应点的亮度值的大小，叫量化。

一、取样原理

对一幅图像取样，就是用一组有限的按序排列的观测量代替在空间连续的无限个点表示的图像 $f(x, y)$ 。取样后的图像由一个正方形的数组表示，即 $S(i, j)$ ，其中 $i=1, 2, 3, \dots, m, j=1, 2, \dots, m$ 。要求一幅图像上取样点的位置和相应的数组中一个数的位置相对应。使用有限的取样点去表示

一个连续的图像函数这就意味着要损失一些信息。取样设计的目的就是使信息损失最小，取样点的总数也最小。减少取样点总数，就会简化图像数据的存贮、传输，以及以后的处理的工作量。另一方面为了减少图像的信息损失，取样点越多，表示原图像越精确。因此要确定一些标准，采用适当的取样方法，使图像信息损失和取样点的总数取得平衡。

为了建立统一的取样标准，我们采用下列 4 种不同的取样方法。

(1) 最小振幅变化取样法。取样点选在相邻两点振幅差大于某一最小值 c_m 的点，即在 x 方向取样的后一个取样点($x + \Delta x$)和前一个取样点两点函数值的差大于 c_m (图 1—2c)，即

$$|f(x + \Delta x, y) - f(x, y)| > c_m$$

(2) 最小斜率变化取样法。在 x 方向上相邻两取样点斜率差小于某一斜率变化值(图 1—2d)，即

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} - \frac{\partial f(x + \Delta x, y)}{\partial x} > c_s$$

c_s 为选定的某一最小斜率变化值，在直线上只取两点就行了，这种方法取样点总数较少。

(3) 取样点斜率变化为零的取样法。这种取样法只有在 x 方向斜率变化为零的点才选为取样点(图 1—2e)，即

$$\frac{\partial f(x, y)}{\partial x} = 0$$

这种取样法取样点的总数最少。

(4) 等距离取样法。在 x 方向上取等距离的点作为取样点(图 1—2f)。

第四种方法比较理想，用相对少量的取样点取得了图像

的主要特性，但对噪声图像和不连续图像表示不够准确，因取样点不一定准确地位于图像变化处。

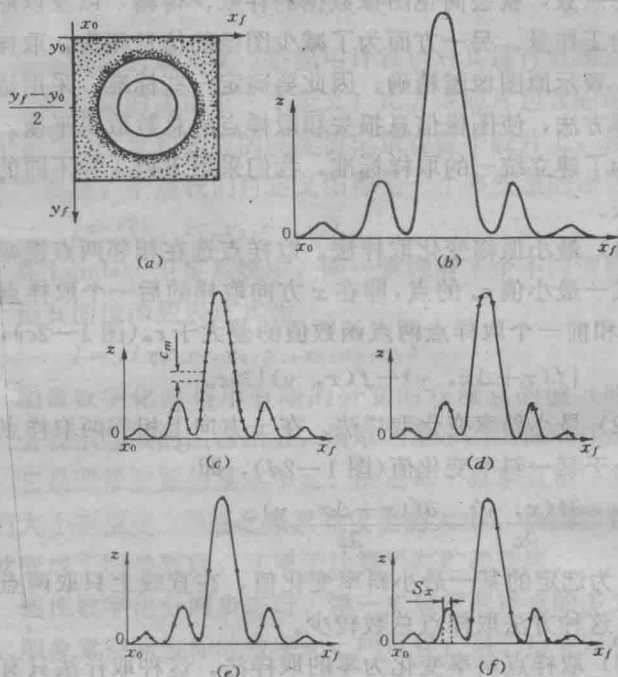


图 1—2 简单图像取样法

前三种取样法都有两个缺点：① 所有的取样点都是不规则的，取样点间的距离有长有短，不便于计算机处理。② 数字化二维和三维图像时非常困难，很难确定取样点的位置。等距离取样法有一定的简单的规律，减少了图像数据的存贮量，便于图像数据的存取和传输，比其他三种方法均要好。但在数字化等高线图时常采用第三种方法，减少取样点的总数，减

少手工数字化的工作量。

等距离取样法的主要缺点是它的精度好坏依赖于相等的取样间隔的大小。取样间隔一定要小到将图像的主要细节都能表示出来，又要控制取样点的总数在计算机能处理的范围内。

多数图像数据的取样模式是一个正方形的数组。在 x 方向的取样间隔（水平方向）为 S_x ， y 方向的取样间隔为 S_y ， S_x 一般等于 S_y 。

现将等距离取样法的几个特征量介绍如下：

S_x —— x 方向的取样间隔，即相邻两取样点之间 x 方向的距离；

S_y —— y 方向的取样间隔，即相邻两取样点之间 y 方向的距离；

r_x ——一个取样点在 x 方向表示的实地距离；

r_y ——一个取样点在 y 方向表示的实地距离。

一个取样点是一幅图像的最小组成单元，也称像素。 r_x 和 r_y 表示一个像素在地面上所表示的面积大小，简称像素大小。像素越小表示图像上一个像素所代表的地面面积越小，则图像上表示地面的物体越详细真实，表示地面物体的精度也就越高。地面上小于一个像素面积的地面物体在图像上就无法表示出来，故像素的大小也称图像的分解力。如 TM 数据一个像素的大小为 $r_x=r_y=30\text{ m}$ ，SPOT 卫星数据一个像素的大小为 $r_x=r_y=10\text{ m}$ 。前苏联卫星图像的分解力已达 2 m ，即地面上 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ 以上的物体均能在遥感图像上识别出来。由此可见像素面积越小，表示图像精度越高，要求的技术也就越高，处理的工作量也增大。

瞬时视场角 IFOV 为所有运动停止时, 单个探测器的视场角, 一般设计和象素的大小一致, 等于图像的分解力。

视场角 FOV 传感器扫描的最大视场角。

dx, dy 显示象素的大小, 即显示器的单个象素的大小。为了显示图像不变形, 显示象素的大小和象素的大小应成比例, 即

$$\frac{dx}{dy} = \frac{r_x}{r_y}$$

dx, dy 显示象素的大小, 用来决定图像显示的最后的大小。高质量的图像显示器要求显示象素为 0.1mm , 这样在通常观看距离内, 单个象素才不致区别出来, 使图像自然连续。

纯象素 每个象素的亮度值是该象素所表示的地面面积内物体辐射的平均值。如该象素在地面只覆盖一种物体, 这种象素叫纯象素。

混合象素 如果一个象素覆盖的地面上有两种以上的物体叫混合象素。要探测某一物体, 至少要有有一个以上的象素是纯象素。则要求最大的取样间隔 S 等于这个物体最小一维长度 d 的 $1/3$, 即 $S \leq \frac{1}{3}d$ 。

Landsat 卫星 MSS 遥感图像数据的取样模式的特征量如下

$$r_x = 80\text{m} \quad r_y = 79\text{m}$$

$$S_x = 57\text{m} \quad S_y = 82\text{m}$$

$$\text{IFOV} = 79\text{m}$$

二、空间频率

严密的取样理论, 要求更多的数学知识, 但可用一些简

单例子说明一些重要的概念。在遥感图像中，空间频率是指单位距离内图像上特性重复的次数。最简单的图形是一个正弦波形的例子，设正弦波的波长为 λ (图 1—3)，由于正弦波形在一个波长后又重复一次，则其空间频率为 $1/\lambda$ 。

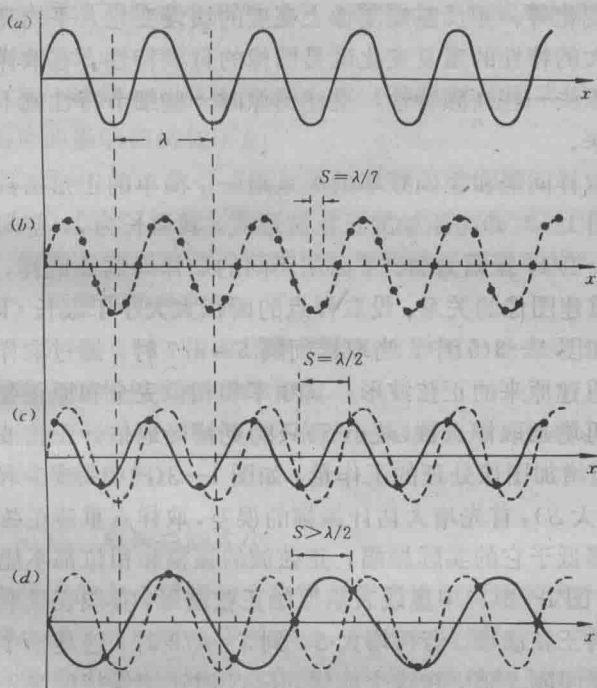


图 1—3 取样点多少对图像的影响

- (a) 原始图像正弦波 (b) 取样点过多的情况
(c) 临界的取样点情况 (d) 取样点不足产生的伪频率图

大多数遥感图像都包含着无限的空间频率。根据傅立叶