

遥感中的图像处理 和分类技术

〔美〕 R. A. 肖温格 著

科学出版社

遥感中的图像处理 和分类技术

〔美〕R. A. 肖温格 著

李德熊 译

科 学 出 版 社

1 9 9 1

内 容 简 介

本书讨论遥感数字图像的计算机处理技术,包括预处理、增强和分类等方面的技术。这既弥补了一般遥感书籍对图像处理介绍过于简单的不足,又解决了一般数字图像处理书籍与遥感联系不够紧密的缺点。全书共分三章:基础,数字图像处理,数字图像分类。本书内容全面而又简明扼要。

本书既可供高等院校相应专业作为高年级学生和研究生教材,也可供遥感领域的广大科技工作者参考。

R. A. Schowengerdt

TECHNIQUES FOR IMAGE PROCESSING AND CLASSIFICATION IN REMOTE SENSING

Academic Press, 1983

遥感中的图像处理和分类技术

[美] R. A. 肖温格 著

李德熊 译

责任编辑 杨家福

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1991年3月第一版 开本: 787×1092 1/32

1991年3月第一次印刷 印张: 6 1/2 插页: 2

印数: 0001—1 600 字数: 144 000

ISBN 7-03-002069-3/TN·95

定价: 7.00 元

译 者 的 话

遥感技术的应用和发展在我国已愈来愈受到重视，它在国民经济建设中的作用和潜力也愈来愈为人们所理解。我国幅员辽阔，自然环境复杂，经济和技术基础又比较薄弱，需要更多的人来学习、研究、掌握和发展遥感技术，其中包括遥感对象的电磁波谱特性和空间特性、遥感传感系统以及各种信息处理设备和方法等。

数字图像处理是遥感技术中的一个较新课题，也是所有遥感应用部门兴趣集中的技术领域。它使人们有可能从浩瀚的数据中迅速及时而又准确地提取出需要的信息。自 70 年代中期以来，我国陆续引进了不少先进的遥感设备，其中包括一些成套的数字图像处理设备。与此同时，我国的科研单位和高等院校也开发了自己的图像处理系统和软件，在掌握和发展数字图像处理技术方面迈出了可喜的最初几步。尽管如此，我国的遥感技术水平(包括数字图像处理技术)与国际先进水平相比，还有不小的差距。

虽然我国已经有一些高等院校和研究机构开始培养遥感技术方面的人才，但还只是起步，数量和质量都有待大大提高。已经出版的教材和科技书籍也还远远不能满足需要。因此，我们翻译了本书。从遥感应用工作者的角度来看，本书不失为一本比较全面而又实用的人门书，对那些想在自己的专业领域中应用遥感却又不十分了解遥感这一新技术的科技工作者会有所裨益。希望我国学识丰富且有经验的专家能在

本书的启发下,写出理论和实践方面都更加充实的、更有特色的遥感图像处理著作来。

译稿承清华大学侯世昌教授细心审读斧正,特表诚挚谢意。

前 言

地球表面的遥感是在本世纪初从航空摄影开始的。直到60年代后期第一批多谱段扫描仪系统载上飞机运行,航空制图照相机和摄影判读一直是所应用的手段。这时,定量处理和分析从这些扫描仪所获得的数值数据受到了人们的注意。而从1972年出现了陆地卫星系列以来,数字图像处理和分类成了遥感中一个愈来愈重要的领域。现在对所有学习遥感的学生来说,不论是学地质、地理、生态学或是任何其它应用到遥感的专业的,熟悉处理数字图像所用的技术都是十分重要的。

本书就是为了向这些学生介绍计算机图像处理 和 分类(在其它应用领域中通常叫做模式识别)而编写的。长期以来就需要有这样的一本书了。大多数图像处理的教科书都是面向学工程的学生的,因此必然着重从数学上进行处理。另外,那些书籍常常只将遥感作为计算机图像处理中的一种应用看待(从他们的观点看,这是无可非议的);因此其中包括许多课题,如数据压缩和计算机显像,对多数从事遥感应用的科学家来说是毫无兴趣的。另一方面,遥感教科书又常常以一种非常肤浅的方式介绍数字图像处理,极少讨论所涉及的计算机算法、对某种处理可供选择的算法以及各种不同处理方法的优缺点等。我深信对于那些在其所从事的学科中应用遥感技术的科学家来说,对数字图像处理具有更广博但并不过分强调理论和数学公式的了解是十分重要的。

作者的意图是使本书既能用作导论性图像处理课程的主要教材,又能用作中等水平遥感课程的补充教材。本书学术水

DA16262 · iii ·

平适合于高年级大学生或研究生开始学习阶段学习,且假设他们已熟悉微积分和基本的向量和矩阵的概念。第一章讨论了数字扫描器和数字图像,以及图像处理和分类中的两个关键的数学概念,即空间滤波和统计模式识别。这一章的材料可由教师根据在所教课程中要想强调的方面而随意选用其全部或部分。第二章和第三章包括对遥感界广泛应用的图像处理和分类技术的全面说明性介绍。全章都强调了图像分析中所采用的技术,而不是这些技术某些特定的应用。为了增强材料的教学效果,专门设计了一些新的图例,而直接从研究文献中摘取例子往往达不到这种目的。我预计,许多教师将会添加他们自己的或别人的研究实例来强调特定的应用或处理。从这个意义上来说,第二章和第三章的材料可以作为偏重遥感的导论性图像处理课程中所应当包容的课题的结构指南。

本书的最后有四个附录,包括文献索引(与每一章后的参考文献无关),对计算机二进制数据表示和图像数据格式的介绍,交互式图像处理的讨论和从亚利桑纳(Arizona)大学图像处理实验课程中选出的检查试题。教师可以根据自己情况决定将有关数据格式和交互处理的附录B和C安排在主要的讲授课程之内。例如,如有合适的计算机硬件可用,则可将交互式图像处理的问题作为课程的重要的组成部分讲授。

正如许多教科书的许多材料是根据其讲授提纲而整理的,一样,本书则是根据图像处理实验课的讲授提纲而编写的。这是为一年级或二年级研究生开设一个学期的课程,听过本课程的有电气工程师和光学工程师、土壤科学工作者、地质工作者、地理学工作者、计算机科学工作者,甚至还有个别天文工作者、医科学生以及摄影专业的学生。常规的课堂讲授材料取自本书,而分批的平行作业和交互式图像处理则由学生利用

程序库里的子程序包完成。在学期的后半部分可以做一个大型计算作业,以便给学生一个机会,使他们能在某一种处理形式中学得更深入一些,或者取得在某一特定应用中进行图像处理的经验。通过这些大型作业我们已经积累了许多有用的软件。

除了用作上述教学外,我预期本书对那些从事研究生后遥感训练的人也将是有用处的,这种研究生后训练活动对遥感来说尤为重要,因为无论在美国还是其它国家,有关遥感的正式大学课程的历史还很短。因此,遥感和图像处理常常被那些已经在传统的地球科学学科中取得学位的人作为一门工艺性的课程进行研究。

我对从各种不同途径使本书能够完成而作出贡献的许多人表示深切的谢意。(下略)

目 录

译者的话

前言

第一章 基础	1
1.1 引言	1
1.2 数字图像的特性	2
1.3 图像处理 and 分类之间的区别	12
1.4 图像处理的数学概念	13
1.5 图像分类的数学概念	29
第二章 数字图像处理	44
2.1 引言	44
2.2 对比度变换	45
2.3 空间滤波	55
2.4 噪声抑制	71
2.5 空间配准	78
2.6 几何变换	81
2.7 彩色处理	90
第三章 数字图像分类	97
3.1 引言	97
3.2 多谱段分类	99
3.3 分类训练	107
3.4 分类前处理和特征抽提	112
3.5 分类方法	132
3.6 分类后处理和分析	137
3.7 非图像特征	147
附录 A 遥感和图像处理文献目录	156

A.1	图书	157
A.2	专题论文	159
A.3	文献综述	159
A.4	专门期刊	160
附录 B	数字图像数据格式	162
B.1	位和像元	162
B.2	记录 and 文件	164
B.3	磁带和磁盘	166
附录 C	查表法和交互式图像处理	169
C.1	查表法	169
C.2	交互式处理	170
附录 D	检查试题	173
D.1	灰度级,直方图 and 对比度变换	173
D.2	空间滤波,傅里叶变换 and 噪声抑制	174
D.3	几何处理	176
D.4	多特征分析	177
D.5	分类	179
D.6	处理考虑	180
参考文献		182
汉英名词对照索引		194

第一章 基 础

1.1 引 言

本书讨论的内容是遥感数字图像数据的数值处理的基础,这些数据通常直接由多谱段扫描仪系统(MSS),例如陆地卫星上的这种系统取得,但也可以在实验室里用光学扫描仪将照片作数字化处理而取得。“图像”(image)一词在本书中有相当普遍的意义。一个图像不再单纯是熟知的照相洗印的照片或是透明正片,同时也是一个二维的数的阵列,每一个数代表数字图像中一个小面元的亮度。图像的这种数值表示使我们可以把类型广泛的计算机处理和分析的技术应用于这些数据。这种计算机处理的结果是一些新的数的阵列,代表改善了的(增强了的)图像或按主题进行的分类¹⁾,然后为了显示必需把它变换成模拟的表示形式。图 1.1 画出了遥感图像数据的数值处理过程中的各个步骤。

为了更好地理解数字图像处理和图像分类,本章介绍了有关概念和数学的框架。所述的数学工具仅限于与图像变换有关并且是为透彻理解第二章和第三章的内容所必需的,该两章包含有遥感界广泛使用的具体处理技术的综述。关于微积分、傅里叶理论以及统计方面所需的补充知识,可以从这些学科的大量教科书中找到,其中一些已列于本章的参考文献。

1) 为方便起见,我们将这种由图像派生出的产品叫做地图(map),虽然它所表示的仅仅是构成常规意义下地图这个词的许多构成中的一种。

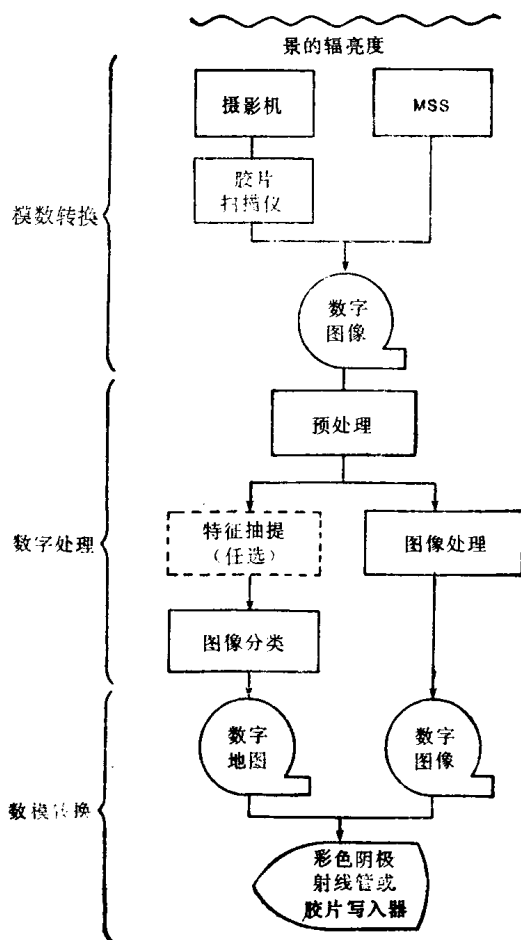


图 1.1 数字遥感图像数据流程图

1.2 数字图像的特性

数字图像由一些离散的叫**像元** (pixel¹⁾) 的图像元素组

1) 此词或译为像素, 有的外文书上用“pel”一词, 它们均系由 picture element 两词的若干首字母组成的新词。——译注

成。伴随每一个像元的是一个数，它是景内一很小面积的平均辐亮度²(“明度”)，如图 1.2 所示。这个小面积的大小影响景内细节的再现，如图 1.3 所示。像元的面积愈小，在数字表示中保存的景的细节就愈多。就像航空像片可以用光学的方法缩小或放大一样，数字图像可以用适当的计算机处理（见 2.6 节）以任意希望的比例尺显示。显示设备的像元大小也能用以控制所显示图像的最后比例尺。对于高质量的图像表示，显示的像元一般是很小的（小于 0.1mm），因此单个像元在正常的观察距离上是不能分辨的。但是，对于分类地图，却常常希望取用较大的显示像元，以便能用目视观察方法在像元大小的水平上检查数据。

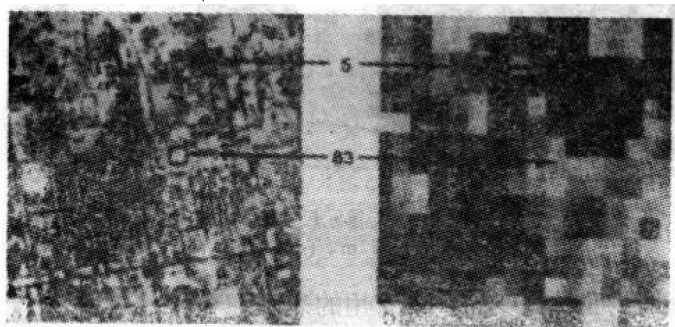


图 1.2 数字图像的构成：(a) 景，(b) 数字图像

在卫星遥感中，我们是透过大气观察地球表面的。传感器所测量的不仅是从表面反射和通过大气的辐射，而且还有为大气所散射的辐射。地球的卫星图像中每一像元的值代表了达到传感器并通过传感器的光学系统后的辐射总量。幸运的是，大气的影响在一个很大范围内近于恒定，这样传感器所探测到的辐亮度中的变化是由于地面辐亮度中的变化。因此

1) 关于辐射度学及其术语的详细讨论见 Slater (1980)。

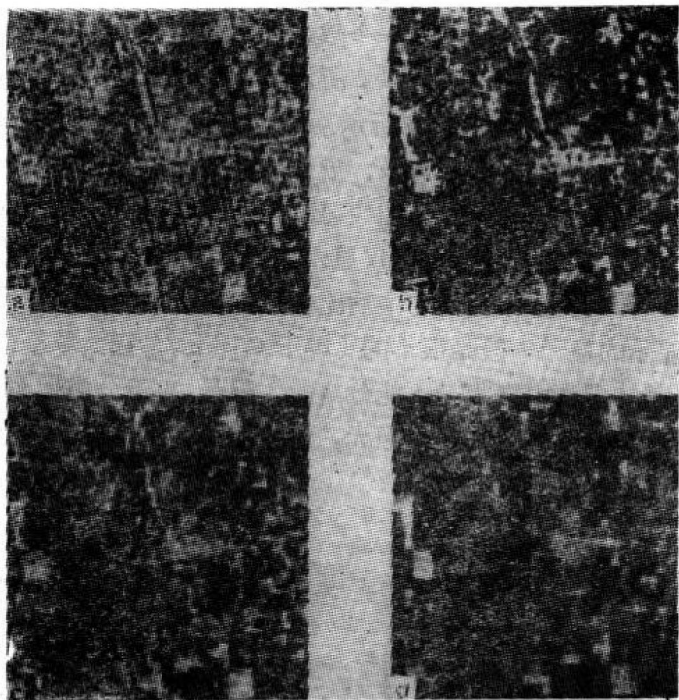


图 1.3 数字图像的结构与像元尺寸的关系: 像元尺寸分别为 (a) 16m, (b) 32m, (c) 64m, (d) 128m

图像是地面辐亮度的一个有用的表示。

1.2.1 像元参量

由一个像元所表示的地面面积决定于传感器系统的高度及系统的设计参量, 特别是瞬时视场 (IFOV)。瞬时视场是一个探测器单元在地球表面上的几何投影的张角 (图 1.4)。使传感器的瞬时视场沿地面移动的扫描方法有几种 (Slater, 1980), 它们都能将一连续二维景的辐亮度映射成一大二维像元阵列, 构成一个景的辐亮度的数字图像。

在瞬时视场以内的景的辐亮度相继两次测量之间的距离

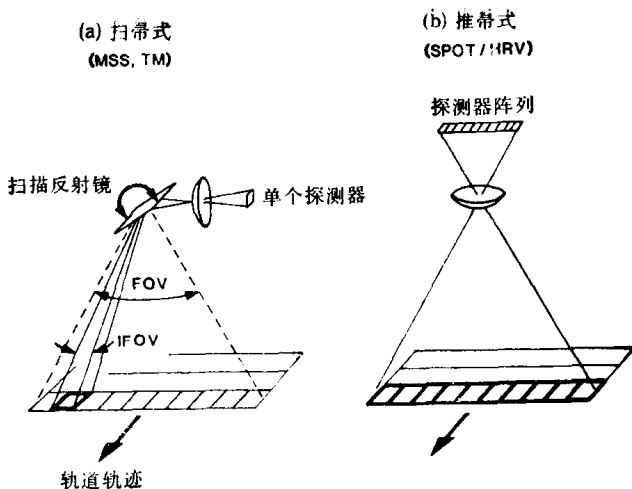


图 1.4 传感器扫描的方法

决定于传感器系统的采样率,并且通常,但不必须,等于瞬时视场在地面上的线尺寸。这个距离通常被称为“像元大小”,但是除非所采样的瞬时视场是邻接的,否则它并不代表为瞬时视场**所平均**的面积。一个这种情况的例子是陆地卫星的多谱段扫描仪系统 (MSS),它在扫描方向(横越轨迹)上的瞬时视场是重叠的(表 1.1)。这种重叠结果能更好地重现景的细节;但是如果这个图像要以在两个方向上是相等采样间隔来显示时,就必须加以补偿,以便获得正确的几何关系。

如同所有的数字数据一样,对每一个像元而言,其景的辐亮度一般都用有限的位数(比特数)表示。于是景的连续的辐亮度在数字图像中要**量化**成离散的**灰度级 (GL)**。要在所显示的数字图像中产生一个视觉上是连续的明亮度范围,只需要每个像元大约 5 或 6 位(相应为 32 或 64 个灰度级)就够了。但是对于数据的数值分析来说则希望每个像元要有更多的位数。陆地卫星的 MSS 是每个像元 6 位,但是下一代的

表 1.1 几种遥感系统的特性¹⁾

	陆地卫星 MSS	主题制图仪 (TM)	SPOT/HRV
发射	1 1972 2 1975 3 1978 4 1982	1982	1984
高度(km)	920(1—3) 695(4)	695	822
谱段 (μm)	4 0.5—0.6 5 0.6—0.7 6 0.7—0.8 7 ²⁾ 0.8—1.1	1 0.45—0.53 2 0.52—0.60 3 0.63—0.69 4 0.76—0.90 5 1.55—1.75 6 10.40—12.50 7 2.08—2.35	1 0.50—0.59 2 0.61—0.68 3 0.79—0.89 p 0.51—0.73 ³⁾
IFOV(m)	76×76(1—3) 80×80(4)	30×30(谱段 1—5,7) 120×120(谱段 6)	20(谱段 1—3) 10(p)
像元间隔(m)	57×82(1—3) 57×80(4)	30×30(谱段 1—5,7) 120×120(谱段 6)	20(谱段 1—3) 10(p)
FOV(km)	185×185	185×185	60×60 ⁴⁾
像元/景 ($\times 10^4$)	28	231	27(谱段 1—3) 36(p)
位/像元	6	8	8(谱段 1—3) 6(p)

1) 部分摘自 Slater (1980). 陆地卫星-4 MSS, TM 和 SPOT/HRV 的有关数值是名义设计值。

2) 陆地卫星-1,-2 和-3 上的 MSS 的谱段编号为 4, 5, 6 和 7, 因为在陆地卫星-1 和-2 上另有一三谱段的反束光导摄像管 (RBV) 传感器。从陆地卫星-4 起, MSS 的谱段重新编号为 1,2,3 和 4。

3) 全色型。

4) SPOT 卫星将载有两个传感器, 它们可以指向轨道迹线的两侧。因此有可能得到一个 120km 的全视场覆盖。

传感器系统将要有 8 位, 这样将得到 256 个灰度级(表 1.1)。这个参量对图像视觉显现的影响如图 1.5 所示。由图可见, 随

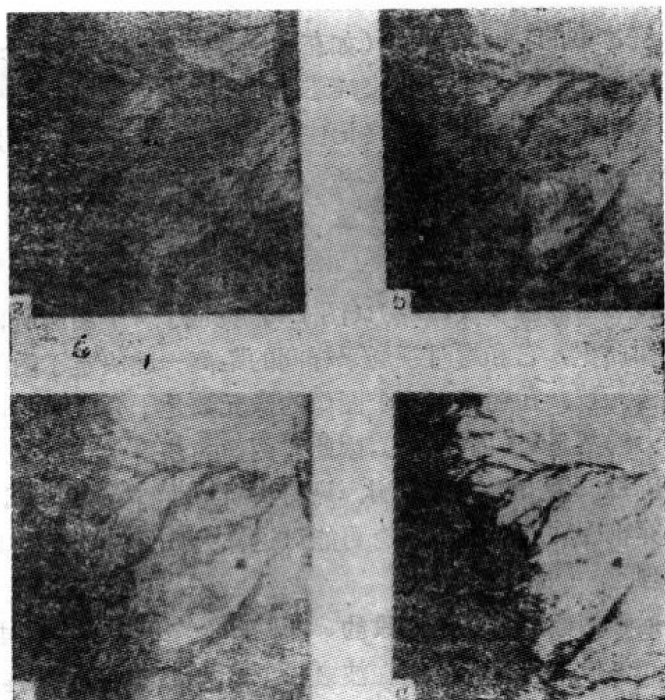


图 1.5 数字图像结构与灰度级数的关系: 灰度级分别为
(a)16, (b)8, (c)4, (d)2

着灰度级数的减少,图像变得斑斑点点,空间细节消失。

总之,一个像元可由三个量来完全描述:(1)投影在地面上的传感器瞬时视场的线尺寸;(2)相邻瞬时视场采样间的距离;(3)表示所测辐亮度的位数。这些参量规定了最后的数字图像的**理想的**空间分辨率和辐射分辨率。但实际上,有许多别的因素影响图像的**实际**分辨率。例如,空间分辨率不仅与瞬时视场及瞬时视场采样间的距离有关,而且也取决于像元采样时间内由于扫描或平台运动而产生的瞬时视场的运动,以及传感器和数据传输设备的电子特性。此外,正如图 1.3 和 1.5 所示,空间分辨率和辐射分辨率在决定一个图像的全面质量