

〔美〕 J. G. 莫伊克

遥感图象的 数字处理

气象出版社

P457
463

遥感图象的数字处理

〔美〕 J. G. 莫伊克 著

徐建平、张青山、王瑛 译

余 英 林 校

气象出版社

内 容 简 介

本书叙述了遥感图象,即航空遥感和卫星遥感图象的各种处理方法。除针对遥感图象的特点叙述遥感图象处理基础外,还详细叙述了遥感图象的辐射恢复和几何校正、图象增强、图象配准、图象重叠和嵌拼、图象分析、图象分类和图象数据压缩。本书给出了大量图例,还列出了大量文献。

本书可供从事图象处理、遥感、卫星气象等领域工作的研究人员、工程技术人员参考,也是大专院校教师、研究生、高年级学生的一本有价值的参考书。

Johannes G. Moik

Digital Processing of Remotely Sensed Images

National Aeronautics and Space Administration

NASA SP-431

Washington, DC, U.S.A.

1980

遥感图象的数字处理

[美] J.G. 莫伊克著

徐建平、张青山、王 瑛译

余 英 林 校

责任编辑 顾钧禧

* * *

高 等 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

北京市朝阳区经伟印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

* * *

开本: 787×1092 1/32 印张: 12 字数: 268.2千字

1987年8月第一版 1987年8月第一次印刷

印数: 1—2000 插页: 4

统一书号: 13194·0386 定价: 2.95 元

译 者 的 话

近年来图象处理作为一门新兴科学分支正在崛起。而人们在大量使用卫星遥感图象中已对图象处理提出了许多新的要求和课题。遥感图象处理与一般图象处理既有相同之处又有许多本身特有的问题。本书正是在总结大量文献的基础上从遥感图象的特点讨论各种处理方法,例如遥感图象的辐射恢复和几何校正、图象增强、图象配准、图象重叠的嵌拼、图象分析、图象分类和图象数据压缩。作者比较系统、全面地叙述了这些处理的原理和方法,并提供了大量的图例。

我们感到遗憾的是原书图例中有相当一部分彩色图象,但为了减轻读者经济负担以及考虑到我国实际印刷技术水平,我们只好删去一部彩色图象或用黑白图象代替。

本书第一章(导论)、第六章(图象重叠和嵌拼)、第七章(图象分析)和第八章(图象分类)由徐建平翻译;序、第二章(图象处理基础)、第三章(图象恢复)、第五章(图象配准)以及图象处理术语汇编和索引由张青山翻译,第四章(图象增强)和第九章(图象数据压缩)由王瑛翻译。全书由余英林校对。原书索引改译为学术名词术语汉英对照表,并附有不常见的外国人名、地名英汉对照表。

限于译者水平,译文定有不少错误,欢迎读者批评、指正。

译者

1983年7月

序

数字图象处理已经成为许多学科领域中研究和应用的重要工具。用星载和机载仪器进行遥感,为研究地球资源和大气现象提供了图象资料。x射线、红外、超声波等探测器获得了用于医学研究和临床应用的图象。电子显微术获得关于物质分子结构的图象资料。天文学利用了由紫外线、可见光、红外线辐射谱段所拍摄的图象。军事侦察正是依靠对图象的分析而进行的。

上述这些方面的共同问题是:把物理变量的多维分布表示为图象,并从图象中提取有用的信息。图象处理科学家必须通晓遥感的电子光学、传输和显示技术、系统理论和概率论、数字分析、统计学、模式识别和视觉心理物理学。图象科学的新领域就是沿着这条路线发展的。要求图象处理的设计者懂得计算机系统、人机通讯、计算机绘图、数据管理和数据库管理系统。

近年来发表了大量的文章和教科书,足以说明图象科学发展之迅速。罗森弗尔德(Rosenfeld)和卡克(Kak) [1]的优秀著作概括了黑白图象处理的各个方面。安德鲁(Andrews) [2],冈萨雷斯(Gonzalez)和温兹(Wintz) [3],普拉特(Pratt) [4]的著作也着重于黑白图象的数字化处理。安德鲁和亨特(Hunt) [5]的著作论述了辐射图象的恢复。杜德(Duda)和哈特(Hart) [6]书中的图象处理部分论述了景物分析。黄(Huang) [7]等人的著作和亨特 [8]

的著作是很多优秀综述性文章中的两篇。比林斯利 (Billingsley) [9] 及奥汉德利 (O'Handley) 和格林 (Green) [10] 综述了喷气推进实验室所做的开创性贡献。罗森弗尔德 [11] 的评论文章列举了大量图象处理参考文献。

本书的目的是为了对遥感图象分析的研究者有所帮助。一般说来遥感是用多种传感器, 以不同的分辨率, 不同的谱段, 在不同时间获得图象。这些遥感图象常有严重的几何失真, 必须将其合成和重叠以便分析。在图象分析中采用了两种不同的方法。一种是以信号处理为基础, 另一种是以模式识别为基础。本书试图把这两种方法结合起来, 给出一种不同于已发表技术的作法 (例如, 参考文献 [12] — [14]), 为遥感的数字分析提供一种统一的格式。本书是根据为使用 Smips/VICAR 系统的用户写的短文发展而成的, 该系统是由美国国家航空和航天局 (NASA) 哥达德空间飞行中心研制的小型人机对话图象处理系统 (Smips) [15, 16] 和喷气推进实验室研制的视频图象通讯和恢复系统 (VICAR) 组合而成的。

美国国家航空和航天局哥达德空间飞行中心的 P.A. 布雷肯 (P.A. Bracken)。J.P. 加里 (J.P. Gary)、M.L. 福尔曼 (M.L. Forman) 和 T. 林奇 (T. Lynch), 以及计算机科学公司的 R. 怀特 (R. White) 严格地审阅了原稿, 作者表示感谢。计算机科学公司的肖普 (W.C. Shoup) 和 R.K. 卢姆 (R.K. Lum) 在软件研制方面给予帮助并准备了很多图象处理实例, 作者表示非常感谢。

目 录

序

第一章	导论.....	(1)
第二章	图象处理基础.....	(9)
2.1	遥感图象的表示方法.....	(9)
2.2	数学基础	(11)
2.2.1	δ 函数和卷积.....	(12)
2.2.2	图象的统计特性.....	(13)
2.2.3	酉变换.....	(16)
2.2.3.1	傅立叶变换.....	(18)
2.2.3.2	汉克尔变换.....	(23)
2.2.3.3	K-L 变换.....	(25)
2.2.4	线性系统的描述.....	(25)
2.2.5	滤波.....	(26)
2.3	图象的形成和记录.....	(39)
2.4	降质.....	(44)
2.4.1	几何畸变.....	(45)
2.4.2	由辐射引起的点降质.....	(48)
2.4.3	由辐射引起的空间降质.....	(48)
2.4.4	谱段差别和时间差别.....	(51)
2.5	数字化.....	(52)
2.5.1	采样.....	(52)
2.5.2	量化.....	(58)
2.6	数字图象运算.....	(61)

2.6.1	离散图象变换.....	(61)
2.6.1.1	离散傅立叶变换.....	(62)
2.6.1.2	离散余弦变换.....	(67)
2.6.1.3	阿德马变换.....	(68)
2.6.1.4	离散K-L变换.....	(69)
2.6.2	离散卷积.....	(73)
2.6.3	离散互相关.....	(76)
2.7	图象的复原和显示.....	(78)
2.8	视觉.....	(81)
2.8.1	对比度和轮廓.....	(82)
2.8.2	彩色.....	(84)
2.8.3	纹理结构.....	(85)
第三章	图象恢复.....	(88)
3.1	引言.....	(88)
3.2	预处理.....	(88)
3.2.1	照射校正.....	(89)
3.2.2	大气校正.....	(90)
3.2.3	去噪声.....	(91)
3.3	几何变换.....	(111)
3.3.1	坐标变换.....	(112)
3.3.2	再采样.....	(119)
3.4	辐射恢复.....	(129)
3.4.1	确定成象系统的特性.....	(131)
3.4.2	逆滤波器.....	(132)
3.4.3	最佳滤波器.....	(134)
3.4.4	其他辐射恢复技术.....	(135)
第四章	图象增强.....	(139)
4.1	引言.....	(139)
4.2	对比度增强.....	(140)

4.3	边缘增强.....	(147)
4.4	彩色增强.....	(157)
4.4.1	伪彩色.....	(159)
4.4.2	假彩色.....	(161)
4.5	多图象增强.....	(165)
4.5.1	取比例.....	(166)
4.5.2	求差值.....	(170)
4.5.3	变换为主分量.....	(175)
第五章	图象配准.....	(191)
5.1	引言.....	(191)
5.2	互相关匹配.....	(194)
5.3	配准误差.....	(196)
5.3.1	几何畸变.....	(197)
5.3.2	系统性强度误差.....	(198)
5.3.3	图象配准的预处理.....	(199)
5.4	统计的相关测度.....	(200)
5.5	相关函数的计算.....	(202)
第六章	图象重叠和嵌拼.....	(204)
6.1	引言.....	(204)
6.2	重叠和嵌拼技术.....	(205)
6.3	地图投影.....	(206)
6.3.1	地图投影的种类.....	(207)
6.3.2	坐标系.....	(210)
6.3.3	透视投影.....	(211)
6.3.4	麦卡托投影.....	(212)
6.3.5	朗伯投影.....	(213)
6.3.6	通用横向麦卡托投影.....	(215)
6.4	图象的地图投影.....	(216)
6.5	数字图象重叠的形成.....	(218)

6.6	数字图象嵌拼的形成.....	(222)
第七章	图象分析.....	(227)
7.1	引言.....	(227)
7.2	图象分割.....	(227)
7.2.1	取阈值分割.....	(229)
7.2.2	边缘检测.....	(229)
7.2.3	纹理结构分析.....	(237)
7.3	图象描述.....	(239)
7.4	图象分析的应用.....	(240)
7.4.1	风场的确定.....	(240)
7.4.2	陆地利用地图的绘制.....	(245)
7.4.3	变化的检测.....	(249)
第八章	图象分类.....	(255)
8.1	引言.....	(255)
8.2	特征选择.....	(260)
8.2.1	正交变换.....	(262)
8.2.2	给定特征的估计.....	(267)
8.3	监督分类.....	(274)
8.3.1	统计分类.....	(275)
8.3.2	几何分类.....	(283)
8.4	非监督分类.....	(289)
8.4.1	统计的非监督分类.....	(289)
8.4.2	丛聚法.....	(290)
8.5	分类表的评价.....	(294)
8.6	分类例子.....	(299)
第九章	图象数据压缩.....	(306)
9.1	引言.....	(306)
9.2	信息量、图象冗余度和压缩比.....	(309)
9.3	图象的统计特性.....	(312)

9.4	压缩技术.....	(317)
9.4.1	变换压缩.....	(317)
9.4.2	预测压缩.....	(318)
9.4.3	混合压缩.....	(320)
9.5	压缩技术的评价.....	(321)
9.5.1	均方误差.....	(321)
9.5.2	信噪比.....	(322)
9.5.3	主观图象质量.....	(322)
符号		(325)
	图象处理术语汇编.....	(330)
	学术名词术语汉英对照表.....	(338)
附:	不常见的外国人名、地名英汉对照表.....	(372)

第一章 导论

图象处理说的是从原始图象中提取信息。提取信息是以观察者所关心的信息可用所感知的物体或模式的性质来表征为根据的。因此，从图象中提取信息包括了模式的检测和识别。由于涉及到的判决的复杂性，而且缺乏准确的算法以指导自动处理，大多数信息的提取需要人的判释和人机对话。

人的视觉系统有非常好的模式识别能力。但是，尽管有这种能力，眼睛常不能从一图象中提取所有的信息。在记录、传输和显示图象的过程中所加入的噪声和辐射降质、几何畸变可能严重地妨碍模式识别。图象处理的目的是消除这些畸变，从而帮助人们从图象中提取信息。

图象处理可以用数字的、光学的、照相的几种方法来完成。数字计算机能精确和灵活地实现线性和非线性运算及递推处理，这就使数字图象处理得以发展起来。数字处理要求把测得的模拟信号数字化。处理之后必须把数字数据恢复为连续信号以便显示。

在图象处理中总得用到被观察物体和成象系统特性的某些先验知识。否则就没有鉴定一张图象是否能很好地表示一个物体的标准。因此，必须把一些先验知识用到降质的图象并从中取出信息。降质图象的处理方法可能很不相同，取决于是否知道图象的来源。因此，一种先验知识就是关于可理解的信息。

另一类对图象处理至为重要的先验知识就是关于成象的物理过程，其中包括物体特性和传感器、记录、传输、数字

化及显示系统性质的知识。例如，对视象管成象中出现的辐射畸变和几何畸变进行校正时，需要有视象管特性的知识。所有这些知识都被用来减少处理中包含的变量数目。

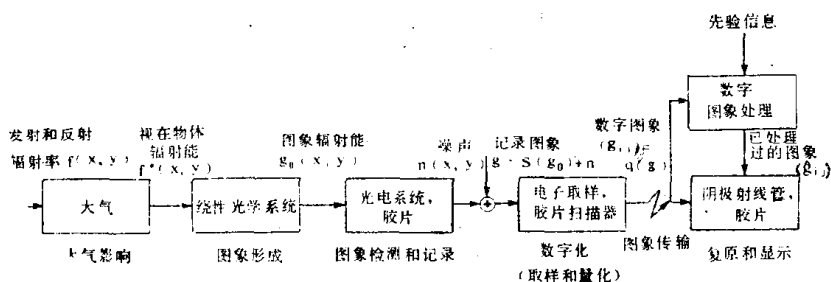


图1.1 图象处理方框图

成象及图象处理的步骤可被理想化为如图1.1所示。这方框图也介绍了本书所用的符号。物体发射及反射的辐射量由连续函数 $f(x, y)$ 表示。 $f(x, y)$ 由介于中间的大气衰减为在传感器视场内的物体视在辐射能 $f^*(x, y)$ 。在成象过程中物体视在辐射能由线性光学系统变换为图象辐射能 $g_0(x, y)$ 。图象辐射能和噪声一起被传感器 s 感知和记录，形成记录图象 g 。所记录的图象由运算器 q 数字化为图象矩阵 $(g(i, j))$ ， q 表示取样和量化。在数字化过程中因取样而引入空间降质，并且加进了量化噪声。经过传输并利用先验信息进行处理之后，把数字图象恢复为连续图象并显示在阴极射线管屏幕上、或记录在照相底片和相片上、或用墨水打印在纸上。从数字图象到连续图象的复原引入另外的空间降质。

本书讨论了遥感图象分析技术。遥感是无接触地获得物体或物质的物理数据。对地球遥感时，部分地球表面或部分

大气层都可作为遥感的对象。由于物质的化学和物理性质的变化，随着时间及空间位置的不同，它们反射或发射不同谱段的电磁能。观察和分析物质的辐射特性中的这些变化，就可以从遥感数据中得出信息。可以观察到电磁辐射的空间的、频谱的和时间的变化及极化的差别。

景物的各像素具有不同亮度是由于空间变化形成的，可以通过对比度、结构和形状把物体识别出来。频谱的变化或辐射能随波长的变化产生了颜色（在频谱的非可见光部分为假彩色）。根据这种特性可以测量不同波长的辐射能来识别物体。由于季节和环境变化或人为影响引起物体辐射随时间而变化提供了识别的附加信息。物体及其背景的反射或发射的辐射率之间的极化差别也可用于识别。

星载或机载遥感成像仪器在不同的波长检测和测量电磁能量并把得到的信号变换为人的视觉系统可以感知的形式。成像仪器包括普通照相机、电视系统、光机扫描器直到无活动部件的全电子扫描系统。究竟使用哪一种仪器，要根据仪器对所需波长的检测能力来决定。文献〔18〕和〔19〕分别介绍了遥感仪器测量并给出了遥感数字图象处理工作范围的概貌。

由于具有全球和重复探测能力，遥感对解决天气、气候和地球资源探查中的问题做出了重要贡献。地球资源的应用包括检测已测绘地区的变化、水源和陆地利用的监视和管理、地质绘图与地质资源探查、农作物病害的探查和农业收成预测等。气象的应用包括风场、温度与湿度廓线和云高的确定及强风暴分析等。

普通的遥感系统方框图示于图1.2，其主要部分是待成像的景物、机载或星载成像与传输系统、地面接收站和数据

分析系统。遥感图象传输可在数字化之前或之后进行。例如，陆地卫星返束视象管（RBV）的图象以模拟形式传输，在处理之前数字化。而陆地卫星多光谱扫描器（MSS）的图象则在传感器的输出端数字化，以数字形式传输。

主要的系统参数为谱段数目、区别景物中不同物体所要求的谱分辨率、辐射分辨率和空间分辨率。这些参数和待成像景物的大小决定了数据率和处理技术。在传输之前，先进行编码或预处理，仅仅选择有用的数据来传输可以减少数据量。

同地面照相相比较，遥感图象还包括了大气的影晌。由于大气对辐射能的吸收、发射和散射，从景物传输到传感器的信息被衰减和畸变。由大气漫散射和漫发射到传感器视场中的辐射能量使信号加进了噪声。对于遥感，大气只对电磁频谱的几个窄带才是足够透明的，这些窄带称为大气窗口。主要的窗口位于可见光、红外和微波波段内。

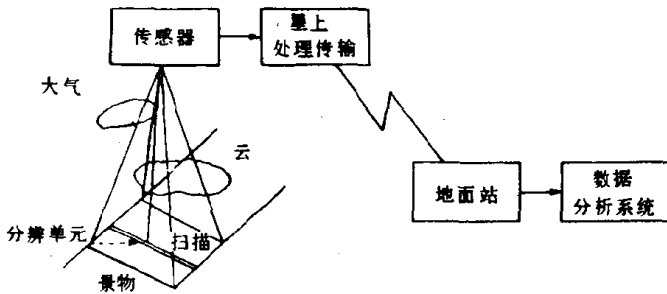


图1.2 遥感系统方框图

使用遥感图象的机构不仅遇到图象分析的问题，而且遇到如何把获得的数据和分析过的数据编入数据库的管理系统中去的问题。如果没有这些能力：数据贮存、根据数据特征

和特征之间关系来检索数据、把数据同地面信息综合，遥感数据的有效使用将是有限的〔20—21〕。从遥感图象中成功地提取信息需要知道数据特征，即信号通过大气传播的物理过程、成像过程及误差来源。

数字图象处理技术可以分成两种基本上不同的方法。第一种包括：图象定量恢复以校正降质和去除噪声、图象配准以便进行重叠和嵌拼成图、图象特征的主观增强以便人来判释。所需的运算是从图象到图象的变换。第二种是关于从图象中提取信息。这种图象分析领域包括物体的检测、把图象分割成特征不同的区域、并决定这些区域之间的结构关系。此类运算是从图象到图象的描述的变换。这些运算把图象变换成地图，变换成数字的表示形式和图形的表示形式，或是语言结构的形式。

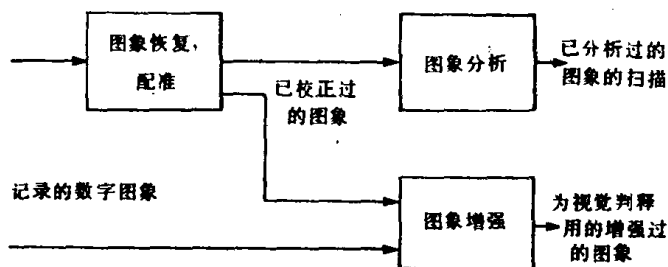


图1.3 数字图象处理步骤方框图

数字图象处理的一些主要课题示于图1.3。因为大部分畸变是非线性的，而数字处理能精确与灵活地执行非线性运算，因而它常是解决恢复和配准问题的唯一可行的技术。

数字图象处理需要一个系统，它能够提供一系列的进行图象处理、数据管理、显示以及分析者与系统之间对话的功能。了解图象形成、记录与显示过程、图象分析应用等就可

以决定对这样一个系统的功能要求，这时还要考虑到在信息提取过程中分析员使用的技术与策略。分析员需要一有效而方便的语言以使用这些功能来表达他的处理步骤。

用数字计算机以批量处理方式对图象进行分析时，在计算机开始运行前需要对所有处理步骤进行详细说明。只有在运算结束后才把结果显示出来并给以评价。因此，可能需要多次试验处理以确定正确的分析过程。这种缺点使得仔细分析的执行时间大大延长了。这种麻烦和费时经常妨碍分析人员探讨所有的判释技术。

图象分析经常是一个试探过程，显示其中间处理结果使这种分析更容易被人理解。因此，应当把分析者包括在图象处理系统中。他是一个能把图象中可用的信息同他处理其他数据的经验融合在一起的专家。人和机器结合在一人机对话系统中就能够解决人或机器都难以单独有效解决的图象分析问题。借助于功能键、字母数码键盘和光笔或操纵杆，分析人员用一人机对话终端来指导分析，其结果立刻在屏幕上显示成图象或图形，结合过去经验可以选择下一步运算。这样，在提出问题细节到得出中间结果之间的短时间中，允许对图象的各种运算进行更理智的选择和排定次序。文献〔16〕和〔22〕叙述了遥感数据分析用的两种人机对话图象处理系统。

为了在人机之间进行有效通信，需要一种适于分析人员在解决问题时使用的语言。分析人员通常不是程序员，必须学习的仅仅是人机对话分析终端的操作而不是计算机系统。这种简化方法减少了差错并使分析人员注意力集中于对话内容而不是其形式。但是，系统仍应当可以作批量处理。由人机对话决定的一系列处理步骤常常可应用到特殊问题的图象