

数字图像分析

(美) A. 罗森费尔德 等著
王昌曜 等译

国防工业出版社

73.0.3
912

数字图像分析

〔美〕 A. 罗森费尔德 等著

王昌曜 等译

国防工业出版社

(京)新登字106号

内容简介

本书是美国应用物理丛书之一，由A·罗森费尔德教授担任主编，数字图像分析领域中各方面著名专家撰文，综合评述数字图像分析在遥感、放射学、高能物理、细胞学以及字符识别中的应用及其发展过程。

全书语言生动、概念清楚。著作尽量避免使用高深的数学，使得具有一般中学数学水平的人也能阅读。为便于对数字图像分析作深入研究，各章附有大量专业参考文献的目录。

本书适合于高等院校、科研机构从事于数字图像分析的师生、技术人员以及对这种技术有兴趣的读者阅读。

Digital Picture Analysis
A. Rosenfeld
Springer-Verlag Berlin
Heidelberg New York 1976

*

数字图像分析

[美] A. 罗森费尔德 等著
王昌曜 等译

*

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092 1/32 印张13¹/₂ 295千字

1991年11月第一版 1991年11月第一次印刷 印数：0 001—1 020册

ISBN 7-118-00841-9/O·63 定价：11.00元

译 者 序

早在计算机问世之前，数字图像分析的技术已经萌芽，如在二十年代，首次通过纽约与伦敦之间的海底电缆进行数字化新闻图像传送实验取得成功。但是，尽管以后三十多年对数字图像分析技术不断进行改善，终究未能取得重大进展，使这种技术没有进入广泛应用的阶段。直到六十年代采用大型数字计算机协助处理数字化图像信息之后，数字图像分析技术才获得重大的突破，并且很快将它应用于各领域中。数字图像分析也就成为一门独立的学科。

本书是通过介绍具有代表性的一些数字图像分析应用领域阐明数字图像分析的原理及其功用的。随着科学技术的发展，数字图像分析的技术及其应用必定在深度上和广度上有新的发展。本书的著者大多是各自应用领域的开拓者或权威人士。全书语言生动、贴切，概念清楚。

参加本书各章翻译的是：第一章为王昌曜、第二章为刘忆研和罗四红、第三章为茅振东、第四章为张迎新和汪周、第五章为沈杏英和刘忆研以及第六章为王昌曜和刘忆研。全书由王昌曜负责总校。此外，特别感谢侯圻平的协助。

由于译者水平所限，不妥之处，请读者批评指正。

王昌曜

1985. 10.

前 言

计算机在过去二十年中突飞猛进的增长仅仅跟上了需要处理的信息量的飞速增加。处理来自商业与科技资料的图像信息是特别复杂的问题。计算机已经在一些工作中得到广泛的应用，例如：

（1）根据气象人造卫星电视图像绘制气象图，或者根据地球资源航空器或人造卫星的图像绘制土地利用图；

（2）通过分析医学X光片或显微镜片，诊断病态的状况；

（3）在核粒子研究中，通过分析相互作用的照片探索新的基本粒子；

（4）读出手抄或打印的文体——信封上的邮政区代码、销售发票上的信用卡号码等。

本书包括下列五个主要领域中计算机图像分析的一些评论性文章：环境遥感（经过航空器或人造卫星所获得的图像）；医学放射学、高能物理学、细胞学和字符识别。这些论文是由这些领域中的一些公认专家撰文的。总的说来，从实用观点来看，他们概括地介绍了数字图像分析的主要课题。

A. 罗森费尔德

美国马里兰大学1976.2.

目 录

第一章 导论	A. 罗森费尔德	1
参考文献		5
第二章 遥感图像自动处理	R. M. 哈拉利克	6
2.1 遥感		6
2.2 图像处理问题		12
2.3 预处理问题		14
2.3.1 灰度规格化		14
2.3.2 图像的配准、叠合和矫正		19
2.4 图像模式的识别		24
2.4.1 类型和训练数据选择		24
2.4.2 判定规则的确定		26
2.4.3 特征选择		38
2.4.4 判定规则误差的估计		45
2.4.5 聚合法		47
2.5 图像纹理		50
2.5.1 光学处理法与纹理		55
2.5.2 纹理与边缘		56
2.5.3 数字变换方法与纹理		57
2.5.4 空间灰度相依性		58
2.5.5 一种纹理的变换		60
2.6 近实时硬件处理		63
2.7 软件处理		66
2.7.1 多重图像格式		67
2.7.2 检查图像数据的A/D转换		68
2.7.3 面向用户的命令和库程序		68
2.8 结论		70

参考文献	70
第三章 射线底片图像分析	
..... C. A. 哈洛 S. J. 德怀尔 G. 洛德威克	77
3.1 底片图像库的研制	80
3.2 系统硬件	84
3.3 图像分析	90
3.3.1 模式识别	92
3.3.2 预处理	96
3.3.3 组织结构	99
3.3.4 图像分割	104
3.4 应用	113
3.4.1 放射医学	114
3.4.2 骨科疾病	120
3.4.3 肺	133
3.4.4 心脏病	137
3.4.5 风湿性心脏病	138
3.4.6 先天性心脏病	143
3.4.7 结论与总结	175
附录 射线底片图像分析的其它研究机构	175
参考文献	177
第四章 高能物理学中的图像处理技术	
..... R. L. 麦基尔韦恩, Jr.	180
4.1 高能物理学中图像处理的任务	181
4.1.1 检测装置	185
4.1.2 运动学及测量过程	191
4.1.3 观测操作中的任务	196
4.2 胶片测试设备的演变	199
4.2.1 机械功能的自动化	200
4.2.2 精密测量的自动化	204
4.2.3 数据的选取及存储	221
4.3 自动机的程序设计	222

4.3.1 径迹的探测步骤	222
4.3.2 顶点和第二径迹的探索	231
4.3.3 径迹的确认与匹配	234
4.4 未来展望与问题	240
4.4.1 光学检测器的改进	241
4.4.2 辅助探测器的使用	244
4.5 指导性文献	246
参考文献	248

第五章 细胞学中的数字图像分析

..... K.普雷斯顿, Jr.	250
5.1 引言	250
5.2 细胞学的自动化历程	254
5.2.1 20世纪50年代的发展	256
5.2.2 20世纪60年代的发展	259
5.2.3 最近的发展	264
5.2.4 一个重要的遗漏	267
5.3 试样的制备	272
5.3.1 血液学试样的自动化制备	273
5.3.2 染色体分析中的试样制备	277
5.3.3 颈部涂片试样的自动化制备	281
5.3.4 与细胞学图像分析有关的其他试样的制备技术	282
5.4 扫描器与扫描机构	283
5.4.1 扫描器类型与照射光源	284
5.4.2 预处理与数字化	289
5.5 细胞学中图像的自动化识别	300
5.5.1 光密度直方图	303
5.5.2 体视学	305
5.5.3 计数与大小的测量	307
5.5.4 边界与轮廓——图像分段法	308
5.5.5 形状分析	312
5.5.6 纹理分析	317
5.5.7 空间频率分析	318
5.5.8 小结	321

V

5.5.9 识别、分类的方法	326
5.5.10 仪器	328
5.6 到目前为止的结果——发展概况	330
5.6.1 血液涂片的分析	330
5.6.2 染色体的分析	336
5.6.3 颈部涂片的分析	341
5.7 未来的发展趋势与展望	342
5.7.1 物理上对细胞学中图像处理速度的限制	344
5.7.2 标准与合法化	346
参考文献	350

第六章 字符识别领域中的图像分析

..... J. R. 厄尔曼	362
6.1 引言	363
6.2 字符识别用的硬件	365
6.2.1 扫描器	365
6.2.2 字符识别中专用硬件的采用	367
6.3 二元化	368
6.3.1 二元化的必要性	368
6.3.2 枝宽的测定	369
6.3.3 对比度确定法	370
6.3.4 固定的局部对比度的要求	370
6.4 平滑	371
6.5 分段与规格化	372
6.5.1 按测量规格化	372
6.5.2 按识别规格化及分段	373
6.5.3 按测量分段	375
6.6 相关识别	378
6.6.1 引言	378
6.6.2 实施	380
6.7 布尔识别技术	382
6.7.1 引言	382
6.7.2 匹配计数法	384
6.7.3 特征探测的逻辑表示	385

6.7.4	微程序设计的实现	387
6.7.5	相联结构	391
6.7.6	逻辑两分法图	393
6.8	畸变字符的识别	396
6.8.1	畸变问题	396
6.8.2	字符的布局技术	396
6.8.3	利用枝结和枝端的识别技术	398
6.8.4	利用枝环和枝端的识别技术	400
6.8.5	利用边缘曲率的识别技术	403
6.8.6	轮廓线跟踪	405
6.9	条状分类技术	407
6.9.1	每条一行或一列	408
6.9.2	每条两行或两列	409
6.9.3	每条三、四行(或列)	411
6.10	分类技术的组合	413
6.11	结束语	413
	参考文献	415

第一章 导 论

A. 罗森费尔德

现代高速计算机能执行每秒数百万条指令，但是，作为信息处的机器来说，其容量受机器所能接受的各类输入数据的限制。也许想要计算机处理的大部分信息是以图像形式的；这并不仅包括照片和电视图像，而且包括字母数字字符（打印的文本、手抄本等）。字母数字信息能够用手工将它换算成计算机能阅读的形式，但是，如果采用扫描与光字符识别的技术，就能够达到更高的输入速度。能够对照片和图像进行扫描并使它们数字化，但是仍然需要编制计算机程序，以便自动地分析和判断它们。

本书涉及图像信息的计算机分析。五章中的每一章各自包括不同的一个应用领域，并且由该领域中公认的专家撰文。所包括的应用领域共有

遥感（第二章）

放射学（第三章）

高能物理学（第四章）

细胞学（第五章）

字符识别（第六章）

其中每个领域都召开了关于该领域许多学术会议——有些甚至有一大串的会议。每个领域都有一大部文献；作为这些文献入门，请参阅个别论文。为了把不同应用领域更密切地汇

9210059

集在一起，人们已经做了许多工作，这方面的例子包括1967年举行的关于自动相片判读专题会议^[1.1]，1968年举行的关于图像自动判读和分类的北大西洋公约夏季学会^[1.2]，刊登在1972年电器和电子工程师协会会刊上的关于数字图形识别^[1.3]以及1973年举行的美日关于图形和景像分析会议^[1.4]。此外，许多关于图形识别的会议已经包括了种类繁多的图像分析的应用。

不是所有计算机图像分析的文献都是面向应用的，在过去20年中，一大批通用数字图像分析技术已经建立起来。其中六十年代末这部分资料的概况，可参见编者所写的一本教科书^[1.6]，更近的一本书（还包括三维景像分析）是图形分类与景像分析^[1.8]。编者也写了一系列综合性论文^[1.7~1.11]，它们包括大量的关于这个领域的英语文献，编者最近已经合写了一本更加综合的教科书，比较详细地探讨了数字图像处理与分析^[1.12]。

本书中的全部论文针对各个应用领域的某些基本方面，包括该领域中图像处理的必要性，硬件、软件的要求以及文献指南。但是，不仅由于作者本人兴趣和风格不同，而且由各领域的性质和历史不同，各篇论文的重点相差很大。各篇论文之间论述图像处理和识别技术的广度和深度也不相同。为了提供一个统一的看法，下几段讨论其中的某些技术，并且指出它们在每篇论文中的作用。

图像的图形识别会有以下几种可能目的：

(1) 与另一图像彼此匹配，例如，探测变化或确定三维目标的位置。

(2) 根据从图像上所测得的一组“特征”值，把一幅图像归入一组特定类别中的一类。

(3) 把一幅图像分成若干有意义的段, 并且将上述这些段分类或加以描述。

(4) 把一幅图像识别为由特定相互关系中的一些特定段所组成的。

这些目的对许多不同类型的图像都能适用; 但是它们在有些应用中所起的作用比其他应用中所起的作用更加显著。

为了改善连续匹配, 特性测量或分段的可靠性, 常常需要“预处理”一个未知图像。一种主要的预处理型式就是规格化(经规格化后图像变成标准式), 以便使特征值与可能影响原图像的各种变化无关或至少不敏感。哈拉利克讨论了灰度规格化的问题(2.3.1小节); 在遥感器图像的情况下(除雷达图像外, 照度是不受控制的), 最需要这样的规格化。灰度规格化的一种普通方法就是要使图像频率曲线(即灰色电平频率分布)规范化, 关于频率曲线也可参见5.5.1小节。哈拉利克还讨论排除来自图像的透视失真(2.3.2小节, 矫正), 这是几何规格化的一个重要例子。字符的大小规格化(这些字符是由一个文件分段得来的)是由厄尔曼探讨的(6.5节), 他还讨论了被分段字符的修匀之事(6.4节); 这些技术适用于处理特殊的、无干扰的且有各色各样大小的形状。哈洛也提到了许多基本的预处理技术(3.3.2小节)。

匹配或相关在识别已知形状的字符中起着主要的作用。它在立体摄影测量中(通过比较取自两个或两个以上视点的图像确定三维目标的位置)也是重要的。麦基尔韦恩所讨论的一个例子就是气泡轨迹的空间定位(4.3.3小节)。哈拉利克讨论了以匹配或比较为目的的图像配准与叠合(2.3.2节)。

许多种特性能用于图像分类。简单的样板特性适用于分类已知形状的模式，如字符（6.7节）。但是，当出现几何失真时，这就需要使用对这些失真不敏感的特性，例如布局（拓扑）的特性（6.8节）。各种各样大小和形状的特性在5.5.2、5.5.3和5.5.5小节中讨论，而在6.9节中所论的识别是以存在特种顺序（“条状分类”）的子模式为基础的。

在细胞学、放射学和遥感中，不仅目标（或区域）的大小和形状是重要的，而且它们的纹理也是重要的。哈拉利克（2.5节）、哈洛（3.3.3小节）和普雷斯顿（5.5.6及5.5.7小节）讨论了纹理特征的测量方法。

几乎每种图像模式识别的应用中，图像分段均是重要的。在字符识别中，人们需要从背景中分离打印体或手写体（6.3节“二元化”），也需要分成各个字符段（6.5节）。在高能物理学中，人们需要探测轨迹和角点（4.3.1和4.3.2小节）。其他分段技术（包括阈值和边界的测定）在细胞学（5.5.4小节）、放射学（3.3.4小节）以及遥感的应用中起重要作用。

已经研究了种类繁多的模式分类方法，包括以已知特性为基础的分类方法、特性选择的方法以及用聚合探测（或不受监视的学习）来确定固有类别的方法。哈拉利克在2.4节中讨论了这些思想中某些想法，哈洛（3.3.1小节）和普雷斯顿（5.5.9小节）也简短地探讨了那些思想。

在过去几年中，已经出版了关于模式分类技术方面许多书籍。这些书中，应该提及的是最近一本半专论性书（综合介绍基本方法），它刊登在施普林格丛书通讯与控制论中^[1-13]。本书能使读者在模式识别原理方面具有一般的理论基础，其中大部分能够广泛地适用于数字图像分析领域。

参 考 文 献

- 1.1 G.C. CHENG, R.S. LEDLEY, D.K. POLLOCK, A. ROSENFELD (eds.): *Pictorial Pattern Recognition* (Thompson Book Co., Washington, D. C. 1968)
- 1.2 A. GRASSELLI (ed.): *Automatic Interpretation and Classification of Images* (Academic Press, New York 1969)
- 1.3 L.D. HARMON (ed.): Proc. IEEE **60**, 1117-1233 (1972)
- 1.4 Computer Graphics and Image Processing **2**, 203-453 (1973)
- 1.5 A. ROSENFELD: *Picture Processing by Computer*. (Academic Press, New York 1969)
- 1.6 R.O. DU'DA, P.E. HART: *Pattern Classification and Scene Analysis* (Wiley, New York 1973)
- 1.7 A. ROSENFELD: Computing Surveys **1**, 147 (1969)
- 1.8 A. ROSENFELD: Computing Surveys **5**, 81 (1973)
- 1.9 A. ROSENFELD: Computer Graphics and Image Processing **1**, 394 (1972)
- 1.10 A. ROSENFELD: Computer Graphics and Image Processing **3**, 178 (1974)
- 1.11 A. ROSENFELD: Computer Graphics and Image Processing **4**, 133 (1975)
- 1.12 A. ROSENFELD, A.C. KAK: *Digital Picture Processing* (Academic Press, New York 1976)
- 1.13 K.S. FU (ed.): *Communication and Cybernetics*; Vol. 10: Pattern Recognition. (Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1975)

第二章 遥感器图像自动处理

R.M.哈拉利克

2.1 遥 感

遥感就是通过外表观察而不接触实际目标来探测目标的特性。远距离搜集目标数据的优点是，目标一般不受干扰，能够探测不可接近地域的目标，能获得一空间领域的大量信息。

最早而最有效的遥感方式是摄影。从目标发射或反射的光子能量(光谱的可见部分或接近可见部分)由摄影机(传感器)将它收集并记录在感光底片乳剂上。多频带彩色航空摄影能够用来确定不同用途的各种土地的面积大小，如靶场、庄稼、森林地带、市区、低湿地、沼泽地、水域等。它能够帮助鉴别岩石和土壤的类型、植物生长以及地面水的状况^[2.1, 2.2]。

当然，摄影机并不是唯一的遥感器。其他类型的遥感器包括多频扫描器、红外线扫描器、扫描辐射计、伽马射线谱仪、雷达散射计和雷达成像器。图2.1描述了一种典型的扫描遥感器。一个旋转的反射镜在遥感台的正向速度下一行一行地扫描地面景像，产生连续移动的行扫描。反射镜将接收的能量传给一个探测器，此探测器将其转变成一个视频信号，然后显微胶片记录器把它记录下来，从而构成一幅图像。热红外线扫描器系统的探测器对辐射热敏感而不是对光敏感，

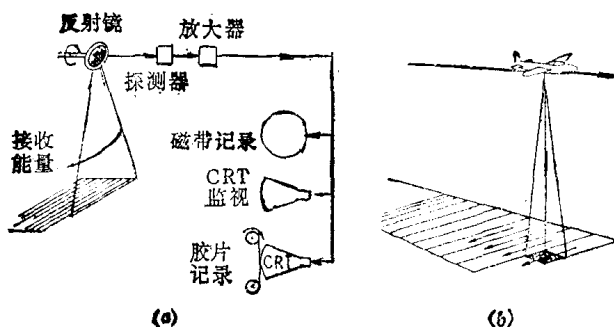


图 2.1

(a) 扫描装置示意图；(b) 机械扫描器所采用的行扫描方法。

所以热红外线扫描器系统能够昼夜拍摄图像。近红外线系统能够透过薄雾和尘埃,得到航空摄影所得不到的优质反差图像。马利拉曾证明在图像放大和识别方面多谱扫描器所具有的优点超过摄影机。美国国家航空和航天管理局(NASA)第三和第四年度地球资源规划评论和密西根的环境遥感专题讨论会包括了为数众多的多谱扫描器和热扫描器应用方面的论文。此外参阅有关文献^[2.6, 2.7]。

如图 2.2 所示的雷达成像器与其他成像器不同,它是一个有源系统。它通过发射微波辐射能照明地面景像,其天线接收反射回来的能量。经适当的处理和电子放大之后所得到的视频信号由显微胶片记录器记录,从而构成一幅图像。雷达信号受地面传导性和表面粗糙度的影响。雷达图像不仅适合于提供植物^[2.9]、地质^[2.10]和土壤湿度^[2.11]等信息,而且尤其适合于提供全景分析^[2.8, 2.8a]。

表 2.1~表 2.5 给出了地球资源遥感在农业、林业、水文学、地质学、地理学和环境监测等领域中的各种用途。梅里菲尔德等人曾讨论过应用宇宙飞船图像的可能性。