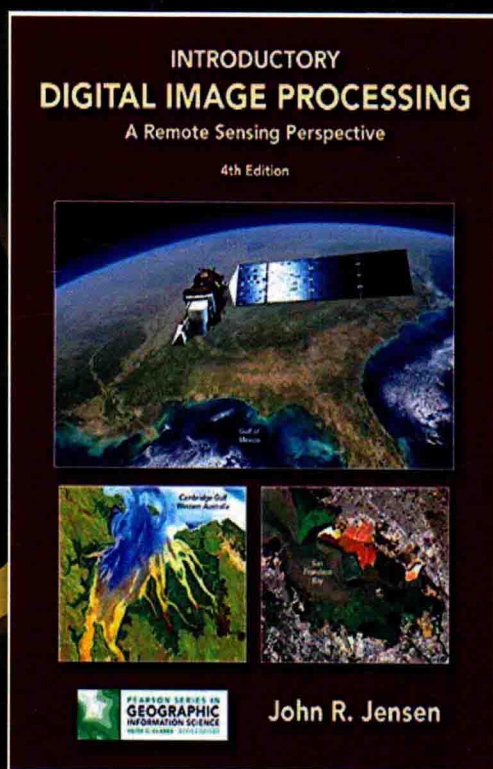


# 遥感数字影像处理导论

[美] 约翰 R. 詹森 (John R. Jensen) 著

陈晓玲 张展 侯雪姣 王若曦 译

Introductory Digital Image Processing  
A Remote Sensing Perspective 4th Edition



计 算 机 学 丛 书

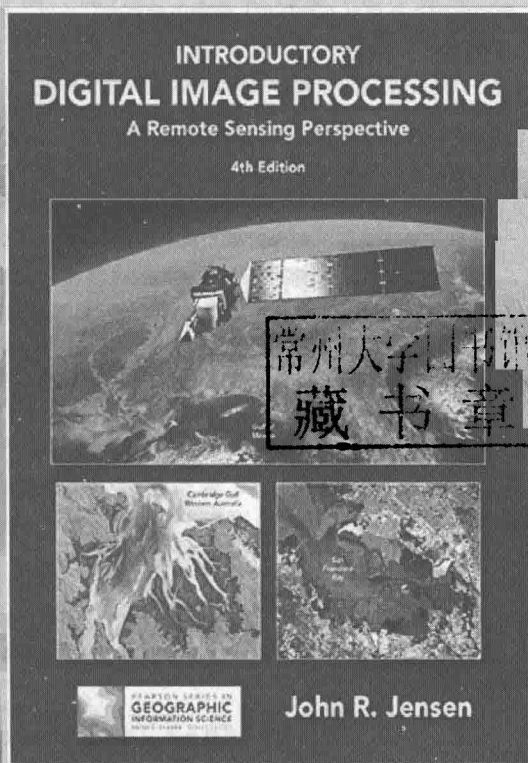
原书第4版

# 遥感数字影像处理导论

[美] 约翰 R. 詹森 (John R. Jensen) 著

陈晓玲 张展 侯雪姣 王若曦 译

Introductory Digital Image Processing  
A Remote Sensing Perspective 4th Edition



机械工业出版社  
China Machine Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

遥感数字影像处理导论: 原书第4版 / (美) 约翰 R. 詹森 (John R. Jensen) 著; 陈晓玲等译. —北京: 机械工业出版社, 2018.3

(计算机科学丛书)

书名原文: Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Fourth Edition

ISBN 978-7-111-59217-4

I. 遥… II. ①约… ②陈… III. 遥感图像—数字图像处理 IV. TP751.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 036690 号

本书版权登记号: 图字 01-2015-6380

Authorized translation from the English language edition, entitled Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, 4E, 978-0-13-405816-0 by John R. Jensen, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2016 Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press, Copyright © 2018.

本书中文简体字版由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内 (不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区) 独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

本书是一本经典的遥感数字影像处理专著, 涵盖内容极其广泛, 理论基础深入全面, 可操作性强。本书按照遥感影像获取的过程来逐步介绍, 全书共 13 章。第 1 章介绍了遥感与数字影像处理的各种基本概念。第 2 章讲述了遥感数据的采集方法, 并对各种设备进行了简单介绍。第 3 章描述了数字影像处理的软硬件配置。第 4 章回顾了数字影像的数学符号和直方图的重要性。第 5 章提供了 LCD、坐标系以及查找表的使用。第 6 章讲述了电磁辐射原理和各种材料的光谱反射信息。第 7 章的主要内容是几何校正。第 8 章更新了各种影像增强技术。第 9 章主要介绍了美国目前有的各种分类标准。第 10 章使用机器学习决策树、回归树、随机森林等方法对影像进行分类。第 11 章讨论了高光谱数据采集和高光谱影像处理与分析的进展。第 12 章给出了“变/不变”算法和“从一到”变化检测算法。第 13 章对遥感衍生专题图的最佳精度评估方法进行了讨论。

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 蒋 越

责任校对: 李秋荣

印 刷: 北京市荣盛彩色印刷有限公司

版 次: 2018 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 185mm × 260mm 1/16

印 张: 37.5 (含 1.5 印张彩插)

书 号: ISBN 978-7-111-59217-4

定 价: 145.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88378991 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱: hzjsj@hzbook.com

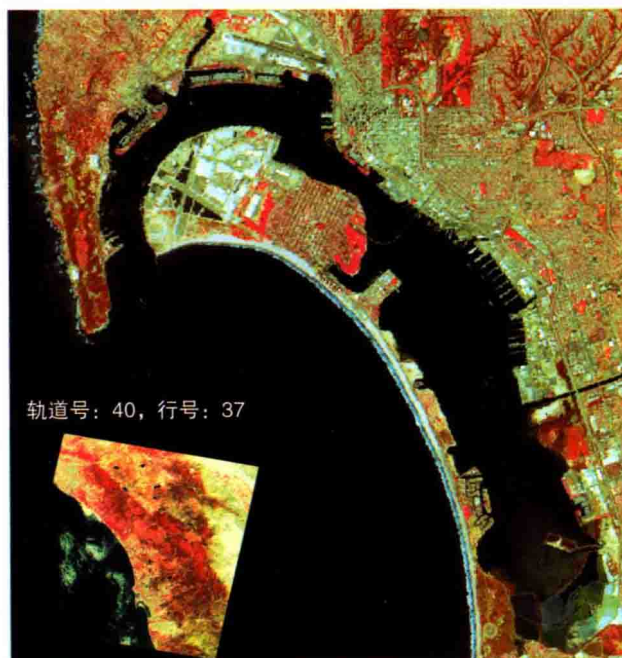
版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东



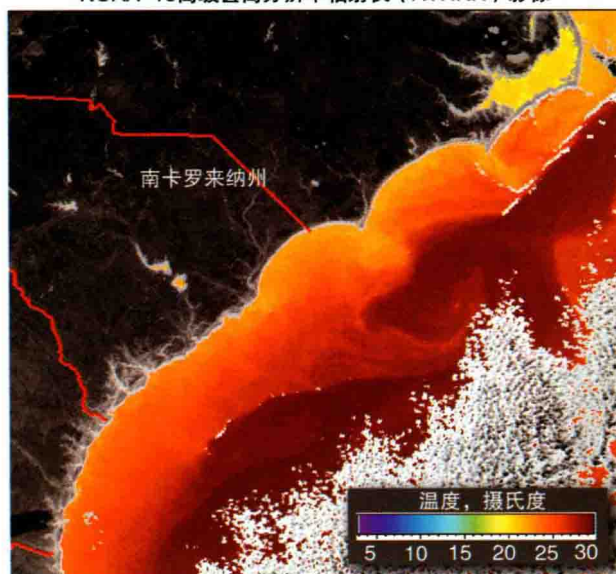
利用Landsat 7 ETM+获取的美国加利福尼亚州圣地亚哥地区的影像



彩红外合成影像 (RGB=Landsat ETM+的第4、3、2波段)

图 2-22 2000 年 4 月 24 日利用 Landsat 7 ETM+ 数据合成的美国加利福尼亚州圣地亚哥的彩色影像 (影像由 USGS 和 NASA 提供)

NOAA-16高级甚高分辨率辐射仪 (AVHRR) 影像



2003年10月16日利用NOAA-16 AVHRR第4波段  
(10.3~11.3 $\mu\text{m}$ ) 获取的海面温度影像

图 2-27 由 NOAA-16 AVHRR 热红外影像反演的海面温度 (SST) 图 (图片经 NOAA 和 Johns Hopkins 大学的海洋遥感项目组授权; Gasparovic, 2003)

夏威夷某熔岩流的ASTER热红外影像

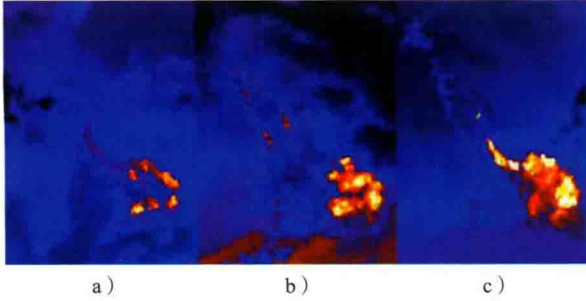
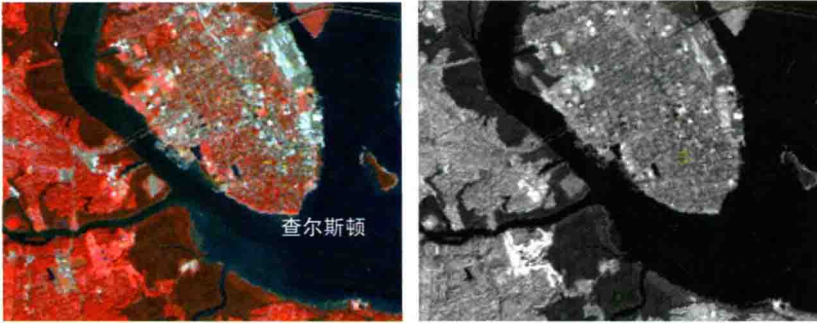


图 2-43 Pu' u O' o 熔岩流入夏威夷东南部 Kamokuna 海域的 ASTER 第 14 波段 (10.95 ~ 11.65 $\mu\text{m}$ ) 的夜间热红外影像。影像获取时间为: a) 2000 年 5 月 22 日, b) 2000 年 6 月 30 日, c) 2000 年 8 月 1 日 (影像经 NASA/GSFC/MITI/ERSADC/JAROS 和美国 / 日本 ASTER 科学组及加利福尼亚科学研究所授权)

1982年11月9日南卡罗来纳州查尔斯顿地区Landsat 4 TM采集的影像



a) 波段4 (近红外)、波段3 (红)、波段2 (绿) 合成影像

b) 第4波段 (对比度拉伸)



c) Landsat TM第4波段采集的原始直方图

图 4-2 a) 1982 年 11 月 9 日获取的南卡罗来纳州查尔斯顿地区 Landsat 4 TM 第 4 波段 (近红外)、第 3 波段 (红光) 和第 2 波段 (绿光) 合成的彩红外影像; b) 第 4 波段 (近红外) TM 影像。c) 第 4 波段影像亮度值的多峰直方图。直方图中的峰对应于影像中主要的地面覆盖类型: a 开阔水体, b 海岸带湿地, c 丘陵。子影像属性元数据信息见插图 (原始影像承蒙 NASA 提供)

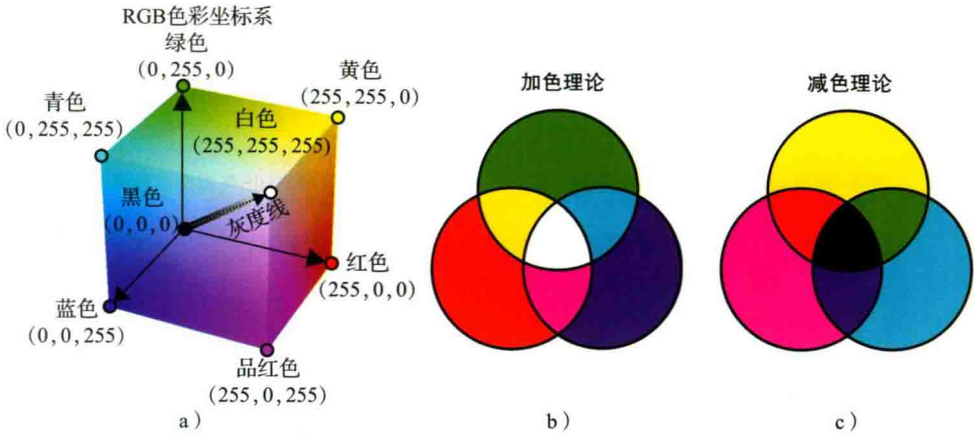
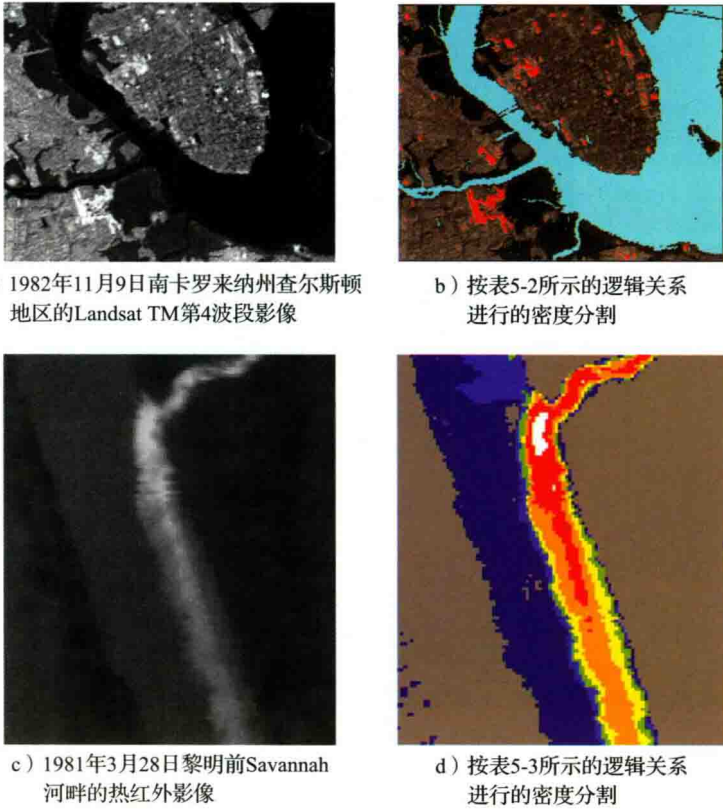


图 5-6 a) RGB 色彩坐标系统是基于加色理论的。如果同时分析 3 幅 8 位影像 (RGB), 就可能有  $2^{24} = 16\,777\,216$  个不同的值。每一个值都位于三维 RGB 色彩坐标系统中的某个位置。黑白灰度影像位于从 0、0、0 到 255、255、255 的对角线上。b) 加色理论——同等比例的蓝、绿和红光相互叠加得到白光, 即白色光是由蓝、绿和红光组成的。互补色黄色、品红、青色是分别将红色和绿色、蓝色和红色、蓝色和绿色加在一起生成的。c) 减色理论——混合同等比例的蓝色、绿色和红色组分生成黑色。黄色过滤器有效地吸收所有蓝光, 品红过滤器有效地吸收所有绿光, 青色过滤器有效地吸收所有红光

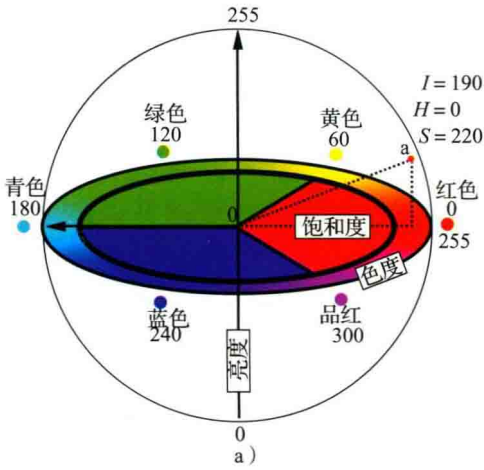
用 8 位色彩查找表进行的密度分割



a) 1982 年 11 月 9 日南卡罗来纳州查尔斯顿地区的 Landsat TM 第 4 波段影像  
 b) 按表 5-2 所示的逻辑关系进行的密度分割  
 c) 1981 年 3 月 28 日黎明前 Savannah 河畔的热红外影像  
 d) 按表 5-3 所示的逻辑关系进行的密度分割

图 5-8 a) 南卡罗来纳州查尔斯顿地区 Landsat TM 第 4 波段 (0.76 ~ 0.9μm) 30m × 30m 数据的黑白显示。b) 按表 5-2 所示的逻辑关系进行的彩色密度分割。c) Savannah 河畔黎明前热红外 (8.5 ~ 13.5μm) 影像的黑白显示。d) 按表 5-3 所示的逻辑关系进行的彩色密度分割

亮度-色度-饱和度 (IHS) 色彩坐标系



RGB与HIS色彩坐标系间的关系

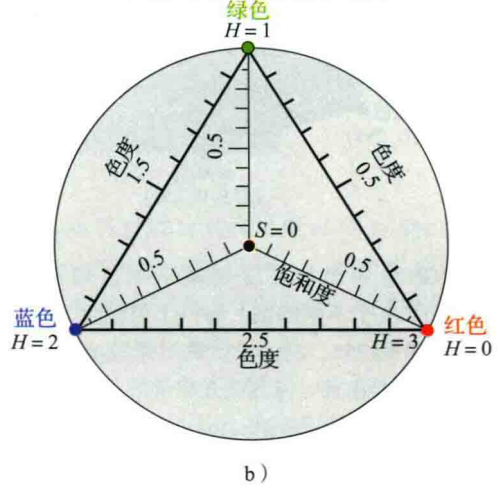


图 5-13 a) 亮度 - 色度 - 饱和度 (IHS) 色彩坐标系。初始颜色在圆内, 次级颜色在圆圈周边。  
b) 亮度 - 色度 - 饱和度 (IHS) 色彩坐标系统和 RGB 色彩坐标系统的关系

色度图

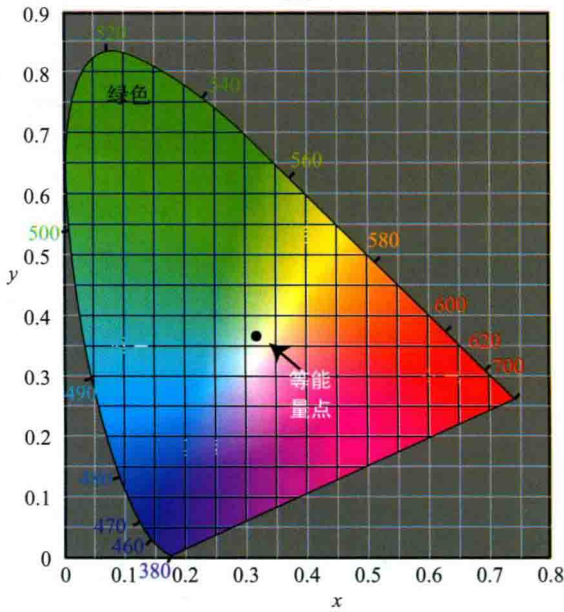


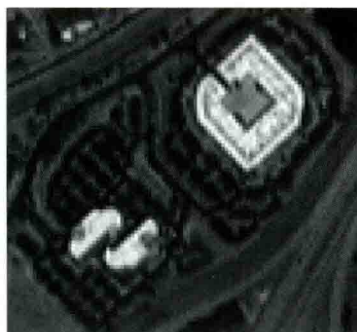
图 5-14 色度色彩坐标系



南卡罗来纳州哥伦比亚地区IKONOS采集的多光谱和全色影像



a) 第2波段 (0.52 ~ 0.60 $\mu\text{m}$ ) 4m  $\times$  4m



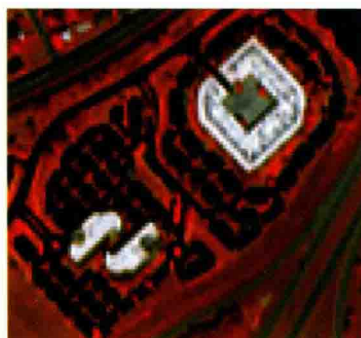
b) 第3波段 (0.63 ~ 0.69 $\mu\text{m}$ ) 4m  $\times$  4m



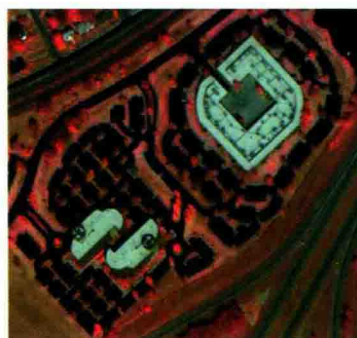
c) 第4波段 (0.76 ~ 0.90 $\mu\text{m}$ ) 4m  $\times$  4m



d) 全色 (0.45 ~ 0.90 $\mu\text{m}$ ) 1m  $\times$  1m



e) 彩色合成 (RGB = 第4, 3, 2波段)



f) 第4, 3, 2波段与全色影像的Brovey变换

图 5-15 南卡罗来纳州哥伦比亚一个商业公园的 IKONOS 影像。a ~ d) 显示了单个 4m  $\times$  4m 的多光谱波段与 1m  $\times$  1m 的全色波段。e) IKONOS 第 4、3、2 波段的标准彩色合成。f) 利用 Brovey 变换得到的彩色融合数据集 (信息来源: DigitalGlobe 公司)



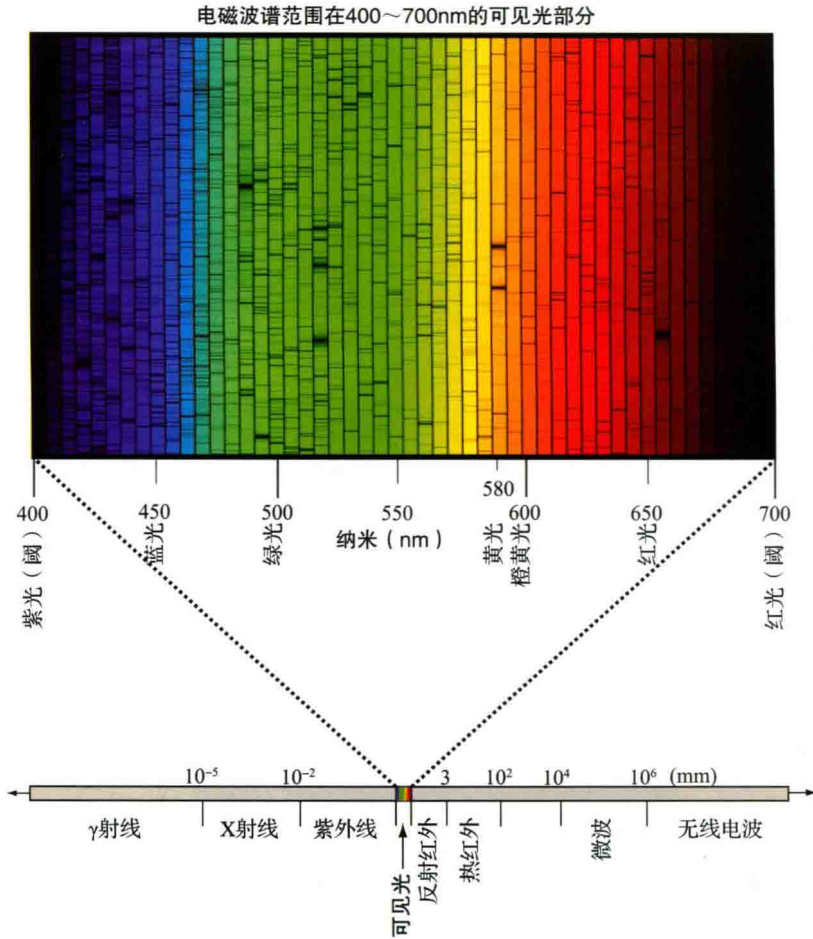


图 6-5 人眼可见的电磁波谱通常由光谱区间中波长在 400 ~ 700nm 的区域蓝光 (400 ~ 500nm)、绿光 (500 ~ 600nm) 和红光 (600 ~ 700nm) 所构成 (Ready, 2014)。这幅太阳光谱图像是在靠近亚利桑那州 Tuscon 的基特峰国家观测站使用麦克梅斯 - 皮尔斯太阳能设备中的傅里叶变换光谱仪观测而得到的。此图像按波长分为 50 段, 每段覆盖 60Å (1Å=10<sup>-10</sup>m, 译者注: 光谱波长单位), 并且波长每段沿着从顶部到底部增加。注意这其中包括相对狭窄和较暗的夫琅和费谱线, 此谱线是为纪念在太阳光谱图中绘制了超过 570 个相应位置光谱的德国科学家约瑟夫·夫琅和费 (1787 ~ 1826 年) 而命名的。此后, 科学家们发现了这些暗线是由于太阳上层大气中的化学元素和一些地球大气中的氧分子的吸收作用所造成的 (N. A. Sharp, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF)

ATCOR大气校正

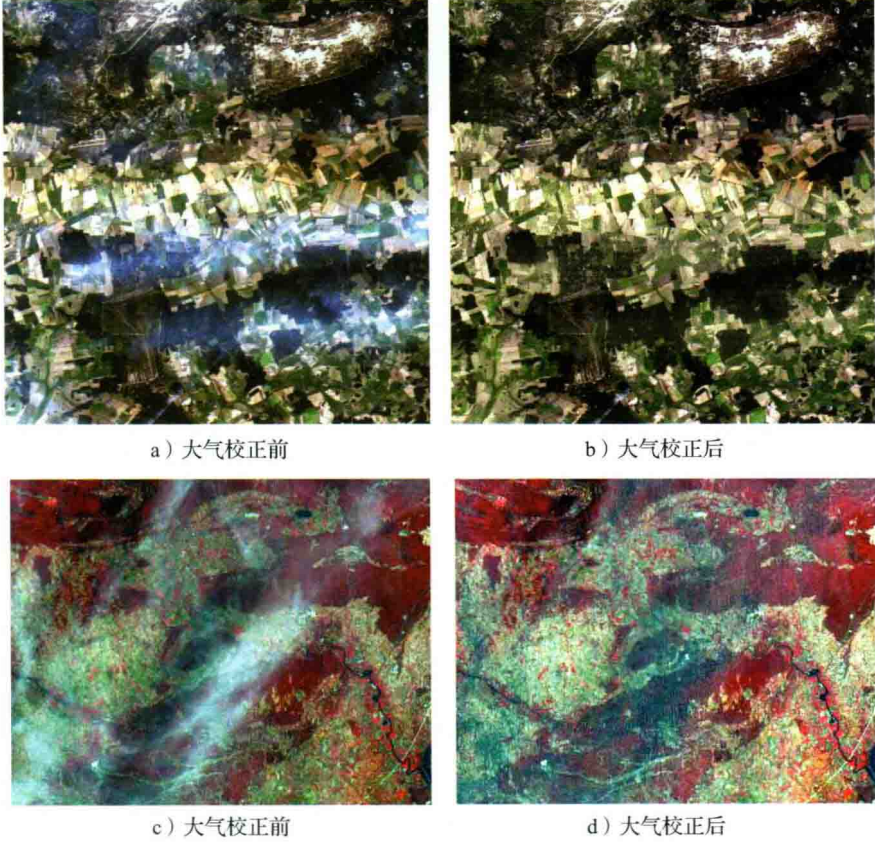


图 6-29 a) 大气校正前的包含较多阴霾的真彩色合成影像 (Collwitz, Germany)。b) 采用 ATCOR 大气校正后的影像。c) 大气校正前的包含较多阴霾的彩红外影像。d) 采用 ATCOR 大气校正后的影像 (影像由 Geosystems GmbH 特别提供)

ASTER采集的夏威夷欧胡岛放大影像



a) 放大1倍 (原始分辨率)



b) 放大2倍



c) 放大3倍

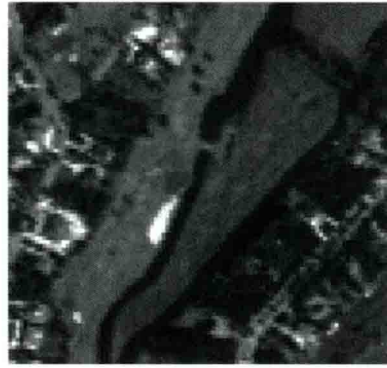
图 8-3 夏威夷欧胡岛放大 1 倍、2 倍和 3 倍后的 NASA ASTER 影像 (由 NASA/GSFC/METI/ERSDAC/JAROS 和 / 美国 / 日本 ASTER 科学团队特别提供)



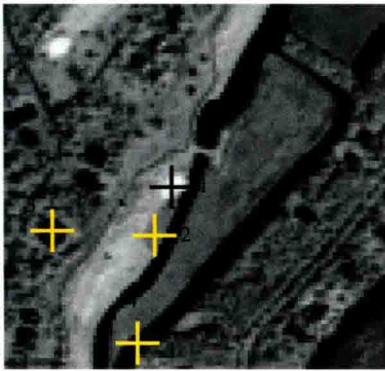
从HyMap高光谱数据中提取的影像



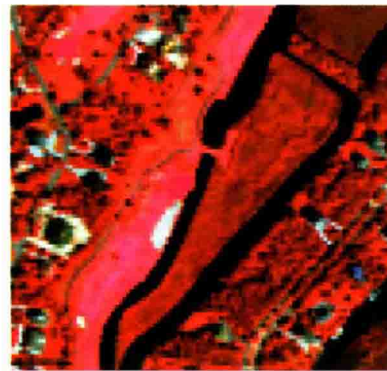
a) 第9波段 (绿光, 0.5591 $\mu\text{m}$ )



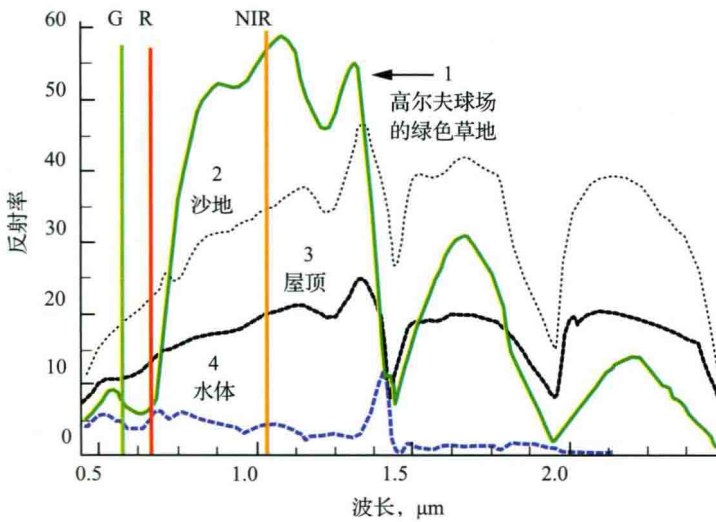
b) 第15波段 (红光, 0.6508 $\mu\text{m}$ )



c) 第40波段 (近红外, 1.0172 $\mu\text{m}$ )



d) 彩色合成 (RGB =40、15、9波段)



e)

图 8-8 a ~ c) 南卡罗来纳州北部湾附近 Debordiu 居民区的 HyMap 高光谱数据中的 3 个波段, 该数据的空间分辨率为 3m × 3m; d) 由第 40、15、9 波段合成的彩色 HyMap 影像; e) 从 116 个高光谱数据波段中提取的高尔夫球场绿地、沙地、屋顶和水体的光谱剖面

南卡罗来纳州查尔斯顿地区的 Landsat TM 几种不同的波段比值影像，影像于1994年2月3日采集

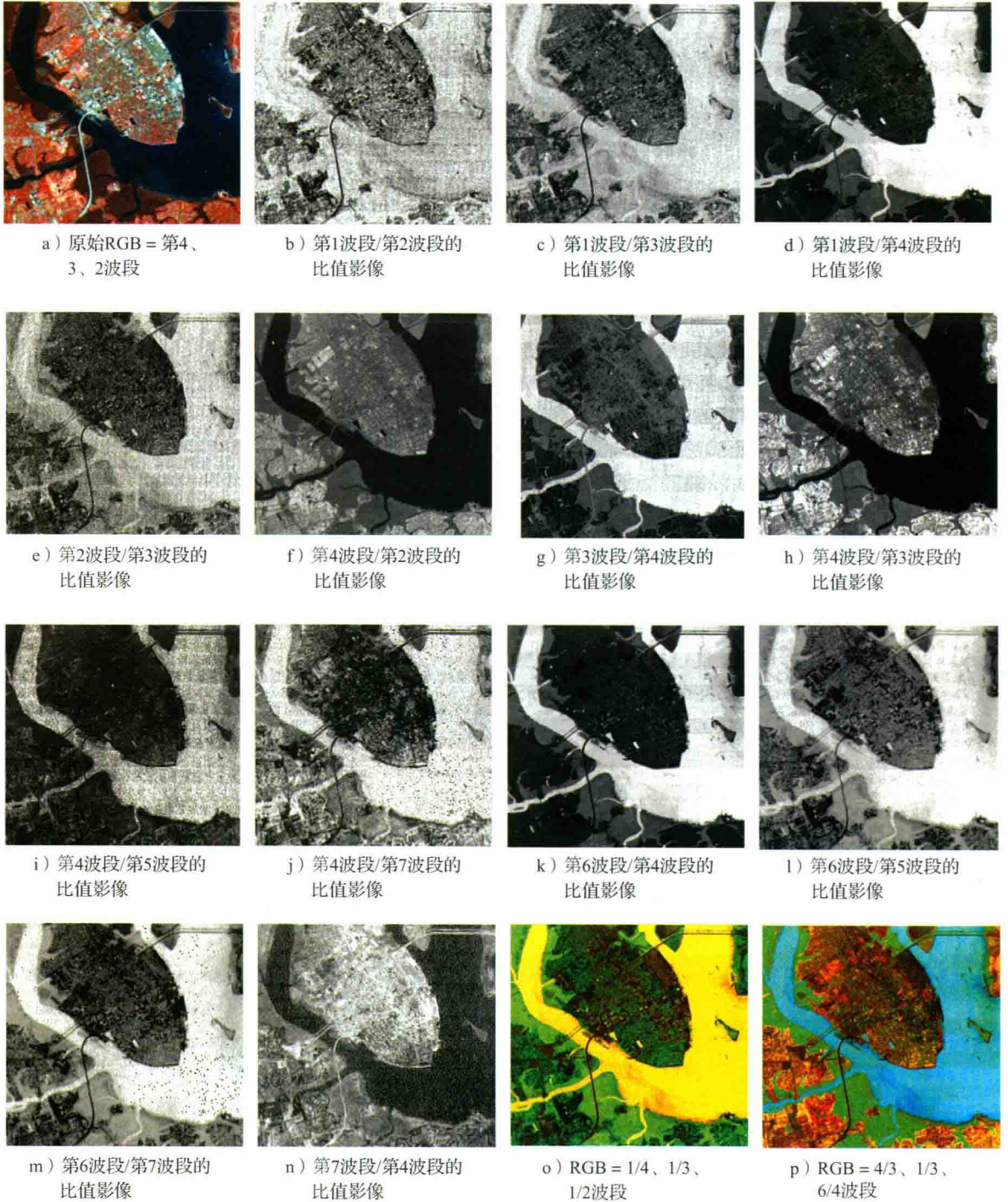


图 8-16 南卡罗来纳州查尔斯顿地区的 Landsat TM 几种不同的波段比值影像，影像于 1994 年 2 月 3 日获取



1982年11月9日获取的南卡罗来纳州查尔斯顿地区Landsat TM影像的主成分影像

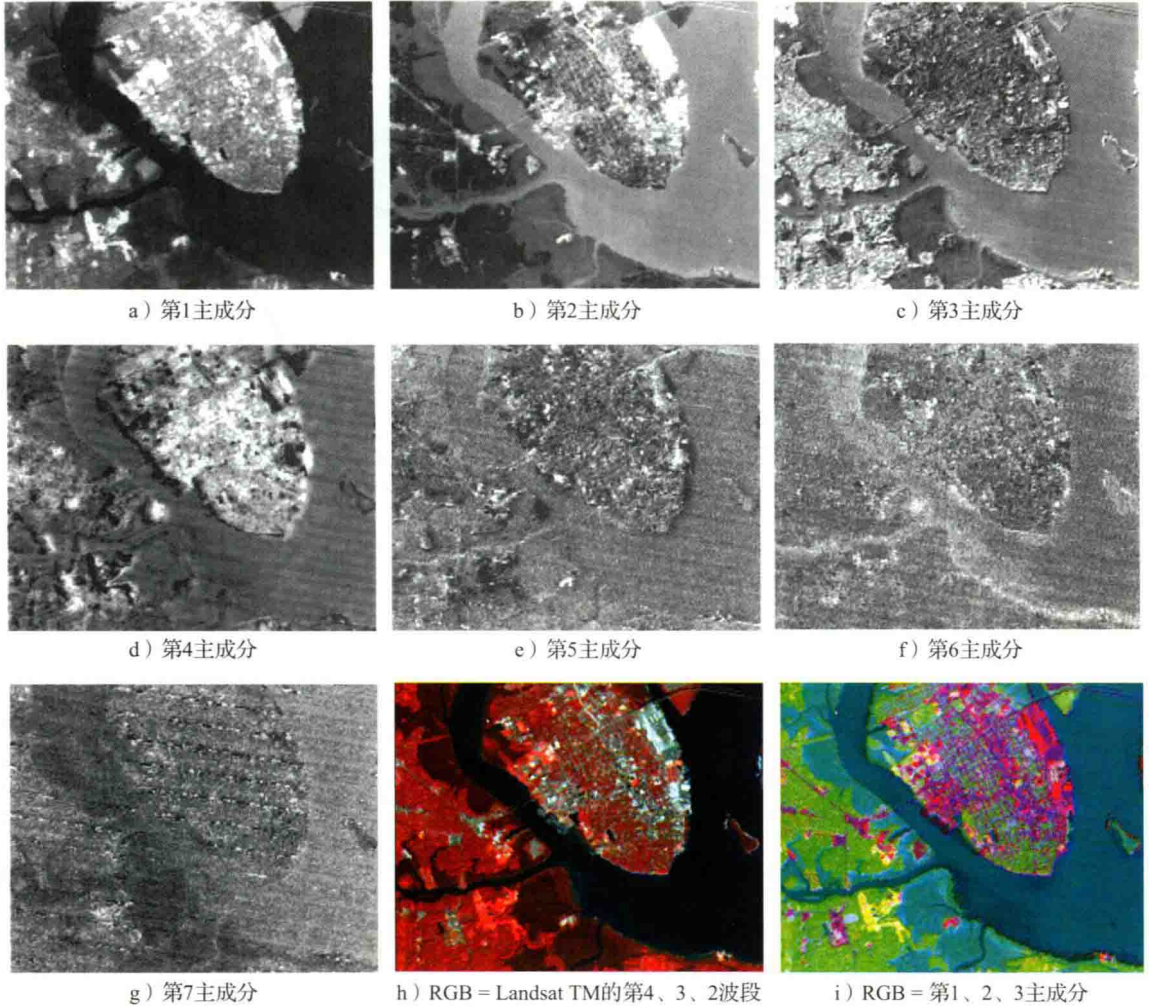


图 8-33 a ~ g) 使用查尔斯顿地区 TM 数据所有 7 个波段计算得到的 7 个主成分影像。第 1 主成分包含近红外和中红外的信息 (第 4、5 和 7 波段)。第 2 主成分主要包含可见光信息 (第 1、2 和 3 波段)。第 3 主成分主要包含近红外信息。第 4 主成分包含第 6 波段热红外信息。因此, 7 波段的 TM 数据在维数上可以降低为 4 个 (第 1、2、3 和 4 主成分), 它解释了 99.38% 的方差。h) 由原始 Landsat TM 影像的第 4、3、2 波段合成的彩红外影像。i) 由第 1、2 和 3 主成分合成的彩色影像 (原始影像承蒙 NASA 提供)



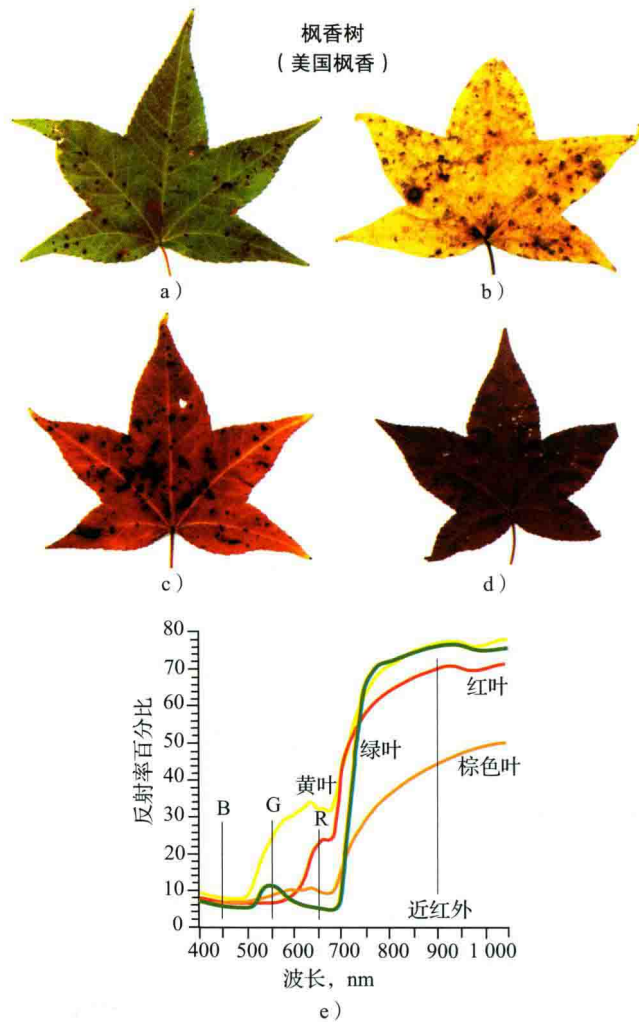


图 8-37 a) 发生光合作用的绿色枫香叶(美国枫香), 1998 年 11 月 11 日采集于一棵树上。b)、c) 在同一棵树采摘到的黄色和红色枫香叶。d) 地面上捡拾的枫香叶。e) 光谱仪在 400 ~ 1050nm 波长区间测量得到的反射率百分比

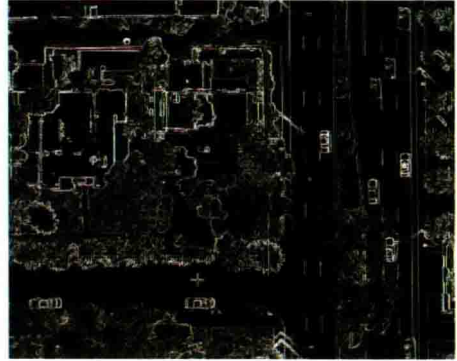


图 8-48 从 2003 年第 193 天开始接收的 16 天 MODIS 全球增强型植被指数 (EVI) 图。越绿的区域表明生物量越高(承蒙 MODIS 陆地生物物理和遥感组、亚利桑那大学和 NASA 提供)

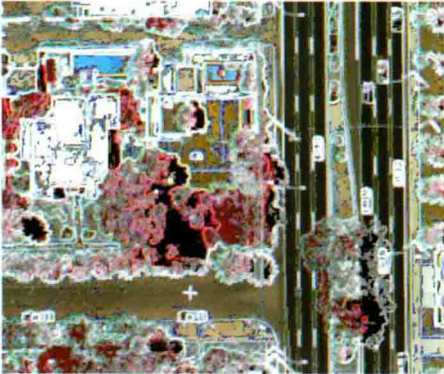
从框幅式数码相机获取中的影像中提取的一阶纹理信息



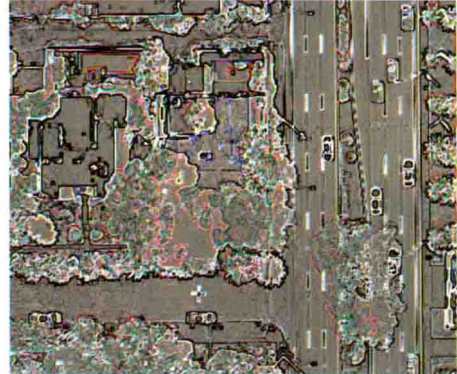
a) 彩色合成影像 (RGB = 近红外、红、绿)



b) 近红外 (NIR) 波段的方差



c) 彩色合成 (RGB = 近红外方差、红光方差、绿光方差)



d) 彩色合成 (RGB = 近红外偏态、红光偏态、绿光偏态)

图 8-50 采用  $3 \times 3$  空间移动窗口得到的一阶纹理测度。a) 原始影像 (原始航片承蒙 John Copple, Sanborn 地图公司提供); b) 近红外波段的方差; c) 近红外、红光和绿光波段方差的合成; d) 近红外、红光和绿光波段合成的偏态影像

从框幅式数码相机影像中提取的二阶纹理信息

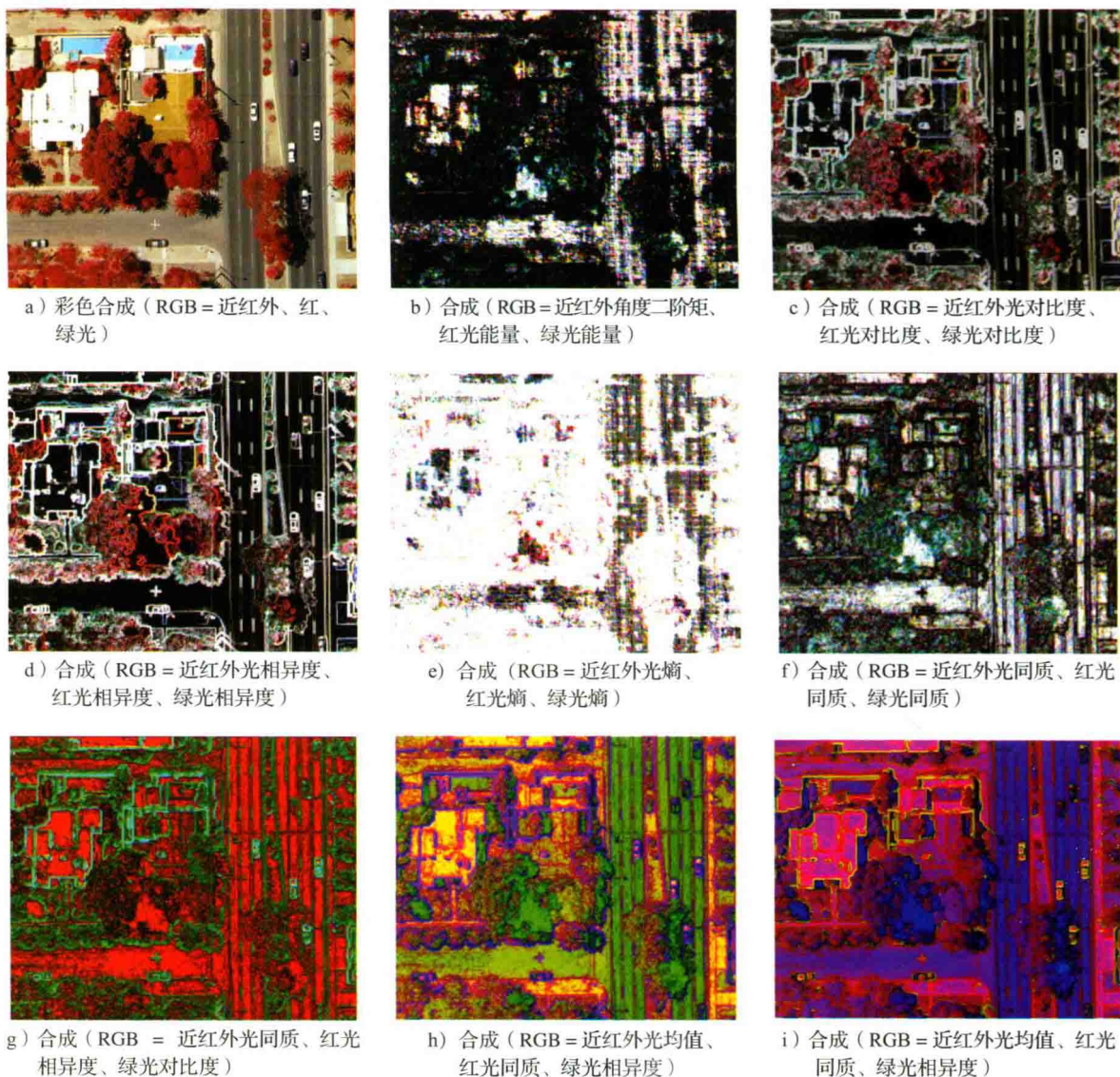


图 8-56 从灰度级共生矩阵 (GLCM) 中得到的选定纹理测度。a) 原始影像。b) 角度二阶矩。c) 对比度。d) 相异度。e) 熵值。f) 同质值。g) 由同质值、相异度值和对比度值合成的影像。h) 由均值、同质值和相异度值合成的影像。i) 由均值、对比度值和相异度值合成的影像 (原始影像承蒙 John Copple, Sanborn 地图公司提供)