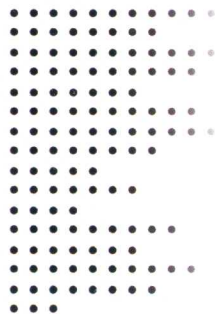
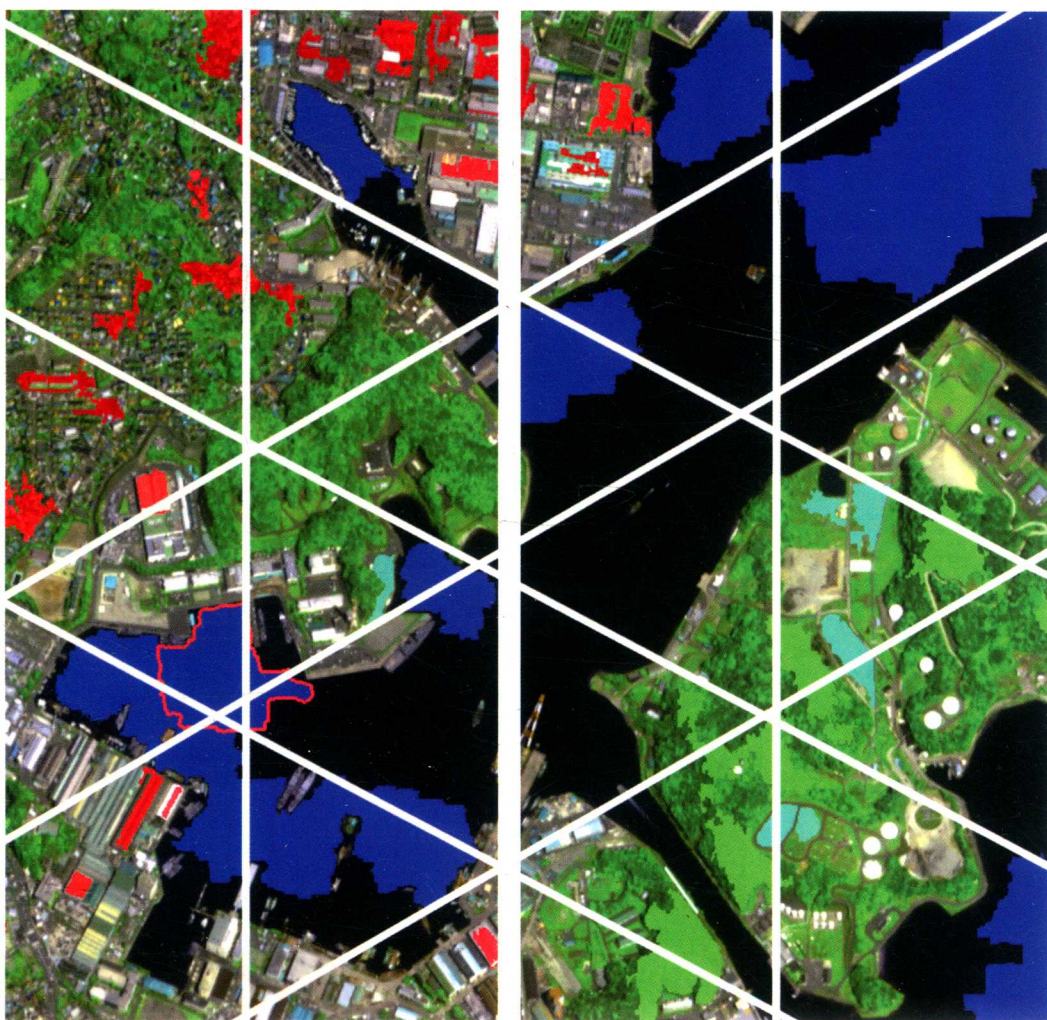




地球信息科学基础丛书

eCognition基于对象影像 分析教程

◎ 关元秀 王学恭 郭 涛 郝 容 编著
屈鸿钧 杜凤兰 周 菁 马浩然



科学出版社

地球信息科学基础丛书

eCognition 基于对象影像分析教程

关元秀 王学恭 郭 涛 郝 容
屈鸿钧 杜凤兰 周 菁 马浩然 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本教程在 eCognition 初、高级培训教材的基础上,集成作者多年基于对象影像分析研究和实践经验编著而成。系统介绍了基于对象影像分析原理和影像分析方法,除了传统的基于规则的信息提取方法外,着重介绍了近年来比较流行的机器学习分类方法。

教程分为理论篇、基础篇和高级篇 3 篇,共 17 章。理论篇分 3 章,主要介绍基于对象影像分析技术产生的背景、发展历程、常用软件、核心技术及原理;基础篇分 7 章,内容包括规则集开发术语和界面操作,常用的分割、分类方法、精度评价等基本的基于对象影像分析内容;高级篇分 7 章,主要介绍基于对象规则集开发 PDCA 循环,以建筑物、不透水区、水体提取、基于卷积神经网络的十字符号提取和变化检测为例,详细介绍了影像分析过程,涵盖规则集改善技术、对象形状修整技术、自动化批处理、卷积神经网络等高级规则集开发技术。

本教程力求理论与实践相结合,融基于对象影像分析的理论、规则集开发实践与软件功能操作于一体,可以作为初、高级 eCognition 软件用户学习教程,也可供对高分辨率影像分析感兴趣的生产技术人员和科研工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

eCognition 基于对象影像分析教程/关元秀等编著. —北京:科学出版社, 2019.3

(地球信息科学基础丛书)

ISBN 978-7-03-060867-3

I. ①e… II. ①关… III. ①遥感图像—图象分析—教材 IV. ①TP751

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 049102 号

责任编辑:苗李莉 / 责任校对:何艳萍

责任印制:吴兆东 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2019 年 3 月第一次印刷 印张:17 1/4

字数:410 000

定价:128.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着空间技术、计算机技术和信息技术的高速发展,遥感数据获取能力不断提升,空间分辨率不断提高,数据量空前增长。在数据和应用需求双重驱动下,基于对象影像分析技术快速发展。2000 年左右与亚米级商业卫星数据几乎同时出现的基于对象影像分析技术,经过近 20 年的发展已趋于成熟。基于对象影像分析软件 eCognition 从最初的单机版交互式影像分析,于 2004 年进化到基于规则集开发模式的专业化影像分析,2008 年后则跨越为自动化海量影像并行处理系统,并集成了近年来业界流行的机器学习算法。最新的版本 9.3 进一步融入了卷积神经网络深度学习算法和超像素分割算法。

eCognition 软件概念体系复杂,算法、特征参数丰富多样,而可参考的中文资料较少。近年来出版的一些参考书籍,重理论轻实践,偏学术研究性,离影像分析的生产实践距离较远。国内 eCognition 软件用户和潜在用户有成千上万,但市面上没有一本有针对性的学习教程,用户只能参加短期的软件学习培训班,依靠软件自带的参考资料自己琢磨,费时费力,往往效果不佳,学习新技术的热情在不得法的学习过程中消磨殆尽。

针对用户在软件学习过程中碰到的常见问题,本教程从认识论的角度系统介绍了基于对象影像分析理论和软件操作实践。基于对象影像分析不是对基于像素影像分析方法的全面摒弃,而是在基于像素影像分析基础上的发展进化,如果把基于像素影像分析比作显微镜视角下的孤立静态分析,那么基于对象的多尺度影像分析则是从显微镜视角、人眼视角到望远镜视角,从微观到宏观对影像对象进行动态立体分析,从而建立影像对象与地理单元之间的多重映射关系。eCognition 基于对象影像分析方法模拟人类认知。一方面通过化繁为简,降低分析难度,提高处理速度,如通过分割将像素组合成影像对象或超像素的方法、分区分类法等;另一方面则综合集成各种数据、知识、尺度和算法等解决复杂的分析问题,如 eCognition 特有的多源数据融合技术、影像对象层次网络技术、多种特征、算法、分割、分类技术以及分割、分类循环迭代分类方法等综合集成运用等。从分类方法看,不仅包含了传统的基于规则的阈值分类和模糊隶属度函数分类,而且集成了业界流行的机器学习和深度学习算法。不论是基于规则的信息提取方法还是机器学习分类方法,都采用了知识的归纳和演绎两个推理过程,不同之处在于基于规则的分类从遥感和地学理论或原理出发,通过演绎来研究问题,而机器学习则从数据本身出发通过归纳来总结规律。基于知识的分层掩膜分类策略,符合人脑认识事物的过程,一般采用由简单到复杂,一分为二的二叉树分类,掩膜技术则类似人脑过滤过程,掩膜掉不感兴趣的对象,逐渐聚焦到感兴趣的对象。

工欲善其事必先利其器,学习规则集开发,不仅需要具备遥感和地学基础知识,而且要具备软件操作的基本技能。本教程遵循由易到难、循序渐进的原则安排学习内容。首先用 3~5 天时间阅读理论篇,随后每天拿出 3~5 小时练习基础篇的一个专题,这部分的练习需要 7~10 天时间。在分割和分类的过程中若遇到理论上不清楚的问题,随时返

回理论篇查阅相关内容。通过基础篇的操作练习,对软件界面、基本功能和规则集开发基本概念掌握的基础上,可以深入高级篇的学习。高级篇侧重规则集开发方法和一些高级分割、分类技术的学习,以及规则集改善技术、基于多地图操作的变化检测技术、自动化影像处理技术和卷积神经网络深度学习技术等。高级篇部分的学习也需要 6~10 天时间。

1) 理论篇,共 3 章

第 1 章,介绍基于对象影像分析技术产生的背景条件、发展历史和市面流行的基于对象影像分析软件。

第 2 章,从遥感影像分析层次、影像分析本质以及影响影像分析的几个要素着手,介绍了基于对象影像分析框架。

第 3 章,详细介绍了 eCognition 基于对象影像分析,重点介绍影像分析的原理,核心影像分析技术如多源数据融合技术、知识表达体系;其次对影像分割、分类算法及常用特征及特征选择作了详细介绍;最后对影像对象形状修整技术、矢量处理技术和精度评价方法作了介绍。

2) 基础篇,共 7 章

第 4 章,简单介绍规则集开发界面,包括常用视图和工具栏。

第 5 章,用样例数据做简单的分割处理操作,从而熟悉不同分割方法的参数设置和应用特点。

第 6 章和第 7 章,用样例数据做简单的阈值条件分类和隶属度函数分类,并比较这两种基于规则分类方法的异同。

第 8 章,介绍常用的最邻近分类方法,学习创建类别,利用类别描述法、算法和快捷键 3 种不同的方式配置特征空间,选择、评价、编辑和查看样本,优化分类结果。

第 9 章,介绍常见的机器学习分类器的使用方法,学习将矢量文件转化为样本,用决策树分类器进行分类。

第 10 章,学习常用精度评价方法及操作步骤。

3) 高级篇,共 7 章

第 11 章,以简单建筑物提取为例,详细介绍规则集开发的 PDCA 循环过程,学习使用简单特征逐步细化分类。

第 12 章,介绍基于 LiDAR 数据的建筑物提取过程,初步学习用变量改善规则集的通用性,学习使用掩膜技术逐步聚焦到目标类别,学习使用各种特征细化分类。

第 13 章,介绍简单的影像对象层次结构在基于地块的城市地表不透水区信息提取和地块占比分析中的应用,接着学习使用景变量和对象变量,以便导出统计数据,最后学习使用进程分析工具,改善规则集运行效率。

第 14 章,介绍种子增长算法在提取精细化的水陆边界中的应用。学习使用变量改善规则集的通用性,并将规则集扩展应用于类似影像,调用 Server 做影像自动化批量处理。

第 15 章,介绍基于卷积神经网络的地形图十字符号提取案例,重点介绍卷积神经网络的创建、训练、应用以及基于热度图的分类精度评价,并将卷积神经网络与模板匹配信息提取精度做了对比分析,认为卷积神经网络是一种分类精度较高且有前途的影像

分析方法。

第 16 章，对两期影像进行分地图分别分割、分类，最后将两期分类结果应用同步地图技术进行变化检测。

第 17 章，学习使用区域增长算法、基于像素的对象修整算法、影像对象融合算法等影像对象修整技术，对影像对象形状进行后期优化处理，以便满足矢量输出条件。

本教程中所有案例涉及的操作步骤都可以在 eCognition Developer 或试用版软件平台下完成，试用版软件可以在 <http://www.ecognition.com/products/trial-software> 下载，目前的最新版本为 eCognition Developer 9.3。本教程基础篇和高级篇都配有典型的实例和练习，并辅以相应数据、规则集和工程文件（在线服务网址：<http://www.sciencereading.cn/> 进入 ScienceReading 首页，选择“网上书店”，输入图书名称检索，进入图书详情页可看到“资源下载”），以便读者练习使用。

通过本教程的学习，仅仅达到规则集开发的入门级别。要想成为影像分析领域高手，还需要长期的规则集开发实践历练。在掌握影像分析和规则集开发的基础理论，具备影像分析悟性的基础上，熟练掌握常用特征和算法并灵活运用是必经之途，就像学习一门语言必须掌握一定量的词汇和句型一样，在此基础上才能谈文章的立意和谋篇布局。

本教程是在 eCognition 初、高级培训教材的基础上，参阅了国内外大量的有关论著和优秀论文完成的。本教程所用案例及数据由美国天宝导航有限公司（Trimble）提供。本教程的编写分工：内容简介、前言、理论篇的编写，第 12 章、第 13 章的翻译、整理，全书的统稿、定稿由关元秀、王学恭、郭涛完成；基础篇和高级篇原版培训教材（第 12 章、第 13 章除外）的翻译工作由郝容、屈鸿钧、杜凤兰、周菁、马浩然完成，在此基础上做了调整和优化，补充了必要的内容，删除了冗余信息；苏东卫博士、苗立新博士、周淑芳等参与了部分章节的校稿工作，刘海燕对基础篇的使用提供了中肯的意见和建议。美国 Trimble 公司 eCognition 中国业务负责人在协调案例的合法使用方面给予了极大的帮助，在此一并致以衷心的感谢！

由于作者水平有限，不足之处恳请批评指正！

作 者

2018 年秋

目 录

前言

理 论 篇

第 1 章 引言	3
1.1 基于对象影像分析	3
1.2 高分辨率影像分析需求	4
1.3 空间地理信息快速更新需求	5
1.4 常用基于对象影像分析软件	6
第 2 章 遥感影像分析	15
2.1 遥感影像分析层次	15
2.2 遥感影像分析本质	16
2.3 遥感影像分析框架	18
第 3 章 eCognition 基于对象影像分析	25
3.1 模拟人类认知过程	25
3.2 多源数据融合	27
3.3 知识表达体系	28
3.4 算法概述	33
3.5 影像分割	38
3.6 特征概述	44
3.7 对象分类	50
3.8 对象修整	64
3.9 矢量处理	65
3.10 精度评价	67

基 础 篇

第 4 章 规则集开发界面	73
4.1 界面视图	73
4.2 常用工具栏	74
4.3 常用视图	75
第 5 章 影像分割	77
5.1 创建工程	77

5.2 创建分割进程	79
5.3 保存规则集和工程	92
第 6 章 阈值分类	93
6.1 创建工程	93
6.2 影像分割	95
6.3 区分水体和非水体	95
6.4 区分植被和非植被	100
6.5 合并同类对象	103
6.6 去除小图斑	104
6.7 平滑	105
第 7 章 隶属度分类	109
7.1 创建工程	109
7.2 影像分割	110
7.3 区分水体和非水体	110
7.4 区分植被和非植被	113
7.5 阈值分类和隶属度分类比较	117
第 8 章 最邻近分类	119
8.1 创建工程	119
8.2 影像分割	120
8.3 样本选择	120
8.4 最邻近分类	124
第 9 章 机器学习分类器	127
9.1 创建工程	127
9.2 影像分割	128
9.3 查看样本文件	129
9.4 矢量转化为样本	129
9.5 使用 CART 分类器分类	131
第 10 章 精度评价	135
10.1 创建工程	135
10.2 结合矢量分割	136
10.3 验证点转化为样本	137
10.4 精度评价与结果导出	140

高 级 篇

第 11 章 简单建筑物提取	145
11.1 规则集开发过程	145
11.2 项目分析	148

11.3	创建工程	149
11.4	评估数据内容	149
11.5	创建影像对象	150
11.6	分类具有高度的对象	151
11.7	基于 DSM 的细化	153
11.8	基于光谱信息的细化	155
11.9	基于上下文的细化	156
11.10	基于形状的细化	158
第 12 章	复杂建筑物提取	160
12.1	项目分析	160
12.2	创建工程	161
12.3	滤波技术挖掘 DSM 数据的深层信息	161
12.4	创建影像对象	164
12.5	分类陡坡	166
12.6	分类地面	167
12.7	分类建筑	170
12.8	精细化建筑分类	172
12.9	清理陡坡对象	173
12.10	清理建筑对象	182
12.11	准备导出	185
12.12	导出矢量文件	187
第 13 章	城市地表不透水区制图	189
13.1	项目分析	189
13.2	创建工程	190
13.3	结合地块矢量的分割	190
13.4	地块分类	191
13.5	不透水区分类	192
13.6	地块不透水区占比分析	196
13.7	统计数据导出	197
13.8	矢量数据导出	200
13.9	提高效率和改善质量	201
第 14 章	种子增长法提取水体边界	206
14.1	水体的种子对象分类	207
14.2	为种子对象创建候选对象缓冲区	209
14.3	使用 Mean Difference to 特征增长水体	212
14.4	整理分类结果和消除尺寸过小的对象	215
14.5	使用变量改善规则集的可移植性	216

14.6 自动化处理219

第 15 章 基于卷积神经网络的十字符号提取.....223

15.1 卷积神经网络.....223

15.2 从分类热度图到精度评价.....229

第 16 章 变化检测233

16.1 创建工程234

16.2 复制地图234

16.3 分别分类236

16.4 同步地图241

16.5 变化检测245

第 17 章 对象形状修整.....248

17.1 区域增长248

17.2 基于像素的对象修整：边界平滑和规整化.....250

17.3 基于像素的对象修整：光谱特征规整化.....255

17.4 影像对象融合.....257

参考文献260

附录 1 获取更多帮助和信息.....262

附录 2 基本概念和术语.....263

理 论 篇

第1章 引言

1.1 基于对象影像分析

基于对象影像分析 (object-based image analysis, OBIA) 模仿人类目视解译过程, 不是以单个像素, 而是以均质像素组成的影像对象为分析单元。不像基于像素的分类, 只能依靠像素的光谱信息, 影像对象除了具有光谱信息, 还增加了形状信息、纹理信息和上下文信息。基于对象影像分析技术核心是分割和分类, 首先将影像分割成有意义的影像对象, 并赋予影像对象各种特征属性, 然后基于特征空间对影像进行分类 (Hay and Castilla, 2006)。

基于对象影像分析一直以来在我国翻译为“面向对象影像分析”。这是由于全球第一个基于对象影像分析软件 eCognition 早期冠以面向对象影像分析 (Object-Oriented Image Analysis) 软件 (Baatz and Schape, 1999; Benz et al., 2004), 尽管后来 eCognition 已经更名为“基于对象影像分析”软件了, 我国学术界一直沿用老称谓。国际上学者们认为“面向对象影像分析”容易与“面向对象程序开发”相混淆, 更多的人称其为基于对象影像分析, 有一些更严谨的学者执意将其命名为基于地学对象影像分析 (geographic object based image analysis, GEOBIA), 将基于地学对象影像分析作为 GIS 学科的一个分支, 还开了专门的网站就该名词术语进行讨论。长期以来“基于对象影像分析”和“面向对象影像分析”两个术语在我国遥感影像分析领域并存, 给文献查询带来很大的混乱, 甚至有人将两个术语合并称为“基于面向对象”。“基于对象影像分析”术语的概念比“基于地学对象影像分析”更宽泛, 其实基于对象影像分析技术最早应用于计算机视觉和生物医学领域, 后来才慢慢扩展到地学领域 (Castilla and Hay, 2008)。为顺应全球命名习惯, 避免长期以来术语使用混乱现象, 本教程统一使用“基于对象影像分析”术语。

众所周知, 基于对象影像分析是在影像分割技术、边缘探测技术和分类技术的基础上发展起来的。早在基于对象影像分析概念出现以前, 这些技术应用于影像分析领域已有几十年的历史 (Ketting and Landgrebe, 1976), 而全球第一个商业化的基于对象影像分析软件 eCognition 直到 2000 年才问世。这是因为大多数影像分割算法运算量非常大, 早年的计算机软、硬件条件不能很好地支持影像分割所需的运算规模。因此, 计算机及网络技术的飞速发展为基础, 为基于对象影像分析方法的产生奠定了强大的技术基础。

20 世纪末及 21 世纪初以来, 随着遥感技术飞速发展, 人类对地球的综合观测能力达到了空前水平。不同成像方式、不同波段和空间分辨率的遥感数据获取能力极速扩大, 遥感影像数据量呈几何级数增长, 数据获取周期缩短, 时效性越来越强, 遥感数据作为一种空间数据资源就像矿产资源一样蕴含着巨大的社会和经济价值。如何将遥感数据资源中蕴藏的信息快速挖掘出来, 为社会和经济决策提供服务, 便成为当务之急, 加之空间地理信息行业要求的基于高分影像的数据库快速更新技术, 两者共同构成了基于对象影像分析方法产生的应用基础。

1.2 高分辨率影像分析需求

1999 年全球第一颗高分辨率商业遥感卫星 IKONOS 发射以来, 高分辨率遥感行业发展迅猛, 卫星数目不断增多, 影像空间分辨率持续提高。美国第一代高分辨率商业卫星 IKONOS 和 QuickBird 的空间分辨率分别为 0.8m 和 0.6m, 第二代高分辨率商业卫星 WorldView-1、GeoEye-1、WorldView-2 空间分辨率提高到了 0.5m, 第三代高分辨率商业卫星 WorldView-3 和 WorldView-4 则将空间分辨率提高到了 0.3m。法国的 0.7m 分辨率 Pleiades 星座的两颗卫星分别于 2011 年和 2012 年发射。我国亚米级高分遥感卫星 GF-2、北京二号三星星座和吉林 1 号也成功发射并投入运营, 0.5m 分辨率商业遥感卫星星座 SuperView-1 在空间分辨率方面紧追发达国家。商业遥感卫星的空间分辨率已经可以与航空遥感数据相媲美, 与此同时, 商业遥感数据便捷的获取途径, 使得高分辨率遥感数据广泛应用于各行各业(关元秀和程晓阳, 2008)。

在空间分辨率不断提高的同时, 卫星数据的获取能力呈几何级数增长。2000 年年初, 全球商业高分辨率卫星数据的日获取能力大约 35 万 km^2 ; 2010 年日获取能力增长到近 300 万 km^2 ; 2016 年全球高分辨率卫星数据的日获取能力又翻了一倍, 迅速增长到 600 多万平方千米。遥感数据获取能力的极速提高, 应用范围的空前扩大, 对传统影像分析精度和效率提出了挑战。

与传统的中、低分辨率遥感影像相比, 高分辨率遥感影像具有如下特点。

(1) 空间分辨率高, 几何结构和纹理信息清晰, 影像上地物表现与人眼鸟瞰实物效果更接近。

(2) 辐射分辨率高, 数据位深一般都高达 10~12 比特, 影像层次丰富, 地物几何形态和纹理特征更加精细化。

(3) 光谱分辨率有限, 大多数高分辨率卫星只有蓝、绿、红、近红外 4 个多光谱波段和 1 个全色波段, 地物之间光谱混淆现象更加突出。

(4) 数据量大, 由于空间分辨率和辐射分辨率都比较高, 造成数据量剧增, 给数据存储、处理和分析带来巨大的挑战。

高分辨率影像空间信息更加丰富, 地物目标细节信息表达的更加清楚。但高分辨率遥感影像上地物目标的丰富细节信息是把双刃剑, 虽然能清楚地描述地物的内部结构, 但是不可避免地造成同一地物的不同组成部分呈现不同的光谱特征, 再加上阴影遮挡, 会导致“同物异谱、异物同谱”现象在高分影像上表现更加突出。

传统的遥感信息提取和变化检测主要是基于中、低分辨率的遥感数据, 通过目视判读或基于像素的计算机分类方法, 信息提取的精度和效率不能兼顾。目视判读综合应用了专家知识和经验, 精度高, 但劳动强度大, 效率低, 成本高, 而且结果受人为主观因素影响大, 且受人眼辨识能力的限制, 难以实现海量影像分析。基于像素的计算机分类效率比较高, 但精度有限, 难于凸显遥感信息所包含的地学知识, 且分类结果“椒盐”现象严重。

从分类技术角度来看, 由于受空间分辨率的制约, 传统的遥感影像信息提取只能依

靠影像的光谱信息,且是在像素层次上的分类。而高分辨率影像虽然结构、纹理等信息非常突出,但光谱信息相对不足,如果仅仅依靠像素的光谱信息进行分类,着眼于局部像素而忽略邻近整片图斑的纹理、结构等信息,必然会造成分类精度的降低,进而影响后续的应用。因此,传统的单纯依靠光谱特征的像素层次上的分类方法已经不再适合高分辨率影像的信息提取(牛春盈等,2007)。

针对高分辨率遥感影像的处理难点,基于对象的遥感影像信息提取方法和技术应运而生。基于对象方法最重要的特点是分类的最小单元是由影像分割得到的均质影像对象,单个像素是特殊的影像对象,从而减少了处理单元,提高了计算效率。基于对象的知识决策分类方法以对象作为分类的基本单元,对象的生成可以由已有的专题图获取,也可以采用遥感影像分割的方法生成。在分类过程中,基于对象进行分析,提取纹理、光谱、形状特征,再将这些特征信息作为知识加入到分类器中,同时将已有的GIS数据作为知识加入到分类器中,这样可以极大地提高分类精度。这种方法不论从理论上还是实践上都比单纯基于像素的光谱信息的分类算法有较大的优势。这样就充分利用了高分辨率遥感影像的特点,使分类结果更接近于目视判读的效果,有效地提高了分类精度。分类过程中还可以通过建立对象间的拓扑关系来反映地理单元之间的联系,利用GIS的空间分析方法对遥感数据内隐含的知识进行更深层次的挖掘,从而实现遥感和地理信息系统之间的深度融合(Blaschke,2010)。

人们想当然地以为影像分辨率越高,信息提取的精度也越高,其实不然。Markham和Townshend(1981)指出,遥感分类精度主要受两个因子影响:混合像素数目和类别内部光谱变异。当遥感数据空间分辨率提高时,一方面处于地物类别边缘处的混合像素数量减少,分类精度就会提高;但另一方面随着空间分辨率提高,同一地物类内光谱响应变异增大,使类别间的可分性降低,从而导致分类精度降低。对于传统的基于像素的分类技术而言,随着遥感数据空间分辨率的变化,遥感数据分类精度如何变化最终取决于空间分辨率和遥感数据中的地物目标大小之间的相对关系。而对于基于对象的影像分析技术,高分辨率减少了对对象边缘的混合像素,分割技术消除了对象内部光谱相应变异,避免了基于像素分类方法产生的“椒盐”现象,从而极大地提高了影像分类精度。

1.3 空间地理信息快速更新需求

李德仁等(2014)指出,传统的遥感影像处理和分析技术,主要针对单一传感器设计,没有考虑多源异构遥感数据的协同处理要求,遥感信息处理技术和数据获取能力之间出现了严重的失衡。国际上许多科学家指出,当前是一个“数据丰富而信息相对贫乏”的时代(Blaschke et al.,2015)。新一代航空、航天遥感平台提供了大量的高分辨率数据,这些数据以解析力强、信息丰富以及精度、锐度、清晰度和整体性好为特征。虽然数据空间分辨率的提高消除了混合像素分类问题,但是其丰富的信息内容却使像素分类的处理更加困难。不仅如此,基于像素的分类结果一般以栅格形式呈现,而管理决策则需要用多边形所代表的带有正确属性的对象来更新GIS数据库,如何用遥感影像数据自动更新空间地理信息是多年来无法解决的难题。

基于对象的影像分析技术作为 GIS 学科的分支,致力于将遥感影像自动分割为有意义的影像对象并在不同的尺度评估其特征,其主要目的是生产地理信息 (Blaschke et al., 2015)。在影像分割阶段,可以基于矢量边界或遥感影像生成影像对象多边形,这样除了光谱信息外,影像对象的大小、形状、相对或绝对位置、边界条件和拓扑关系等可以用于后续的影像对象分类。在分类阶段不仅可以使用影像对象特征,也可以借助矢量属性信息。最后,分类结果直接提供矢量信息。因此,基于对象影像分析方法架起了遥感与地理信息系统之间集成的桥梁,在遥感影像分析中具有巨大的潜力,为空间地理信息快速更新提供了前所未有的技术手段。

1.4 常用基于对象影像分析软件

全球第一个基于对象的遥感影像分析软件 eCognition 于 2000 年问世。后来,很多传统的商用遥感图像处理软件如 ENVI 和 ERDAS IMAGINE 都开发了基于对象信息分析模块。ENVI 软件中的 Feature Extraction 模块于 2008 年发布,基于影像对象空间特征和光谱特征,从高分辨率全色或多光谱数据中提取信息。ERDAS IMAGINE 的 Objective 模块于 2009 年面世,在一个真实的基于对象的信息提取环境中,结合专家知识的推理学习,通过模拟人类视觉影像解译过程,实现高分辨率影像信息自动提取。

1.4.1 ENVI Feature Extraction

Feature Extraction 是大型遥感影像处理软件 ENVI 平台中的一个模块,早期版本是一个非常简易的用于分割和分类的工作流,先对影像进行分割,然后针对分割出来的影像对象,利用光谱、纹理和几何信息进行信息提取。新的版本则分为三个独立的流程化工具:影像分割、基于规则信息提取、基于样本信息提取,用户可以根据业务需求选择相应的功能模块 (邓书斌, 2014)。

1. 准备工作

在应用 Feature Extraction 模块提取信息之前,有时需要依据数据源和提取任务不同,对数据做一些预处理工作。

如果数据空间分辨率非常高,覆盖范围非常大,而提取的目标地物对象较大,如云、大片森林、农田等,可以通过降分辨率实现尺度转换,从而提高信息提取精度和效率。

根据分类任务不同,选择包含目标信息的波段进行处理,如要提取植被,往往要选择红波段和近红外波段数据,以便计算 NDVI 植被指数。也可以将辅助数据和遥感影像组合成新的多波段数据文件,这些辅助数据可以是 DEM、LiDAR DSM 和 SAR 以提高信息提取精度。如果辅助数据为矢量格式,需要提前将矢量数据转换为栅格数据。另外,为了抑制数据噪声并突显目标信息,可以对数据做一些空间滤波处理。

2. 影像分割

首先,导入基本影像、辅助数据、掩膜文件和自定义波段,自定义波段包括 NDVI、波段比值以及色度、亮度和饱和度。

接下来,对导入数据进行分割,Feature Extraction 根据邻近像素亮度、纹理、颜色等对影像进行分割,用户可以选择使用基于边缘(edge-based)或基于亮度(intensity-based)的分割算法。基于边缘的分割算法计算很快,并且只需输入一个尺度参数,就能产生分割结果,但它往往需要结合合并算法才能达到最佳效果。当分割尺度设置过小时,往往会产生过度分割,这时,可以选择 Full Lambda Schedule 算法或 Fast Lambda 算法进行对象合并。Full Lambda Schedule 算法适用于大块、纹理性较强的地物合并,如树木、云等,而 Fast Lambda 算法则适用于合并具有类似颜色和边界大小的相邻对象。如果对象合并算法没有达到预期目的,系统还提供了 thresholding 算法,它基于单波段的影像对象均值对邻近对象进行合并操作,特别适合与背景反差较大的地类提取,如高亮的飞机目标与较暗的停机坪反差对比明显。基于亮度的分割算法非常适合梯度变化较小的数据,如 DEM、电磁场影像,而且它不需要合并算法即可达到预期效果。

影像被分割为对象后,结果仍然为栅格格式的影像对象。当用户选择计算属性特征时,软件将执行内部栅格到矢量的转换,属性特征基于光滑后的矢量进行计算,矢量光滑采用了 Douglas-Peucker 算法,这样就可以避免属性计算结果受对象旋转角度影响。计算结果产生了 4 类特征:光谱、空间、纹理、自定义,信息提取将会用到这些特征。

光谱特征主要有:波段的最小灰度值、最大灰度值、平均灰度值和标准差。

纹理特征主要有:卷积核范围内的平均灰度值范围、平均灰度值、平均灰度变化值以及平均灰度信息熵。

几何特征主要有:面积、边界长度、紧致度、凸度、完整度、圆度、齿形系数、延伸率、矩形度、指向、长轴长、短轴长、内洞数、内洞比率(紧致度、凸度、完整度、圆度、齿形系数根据 Russ 2002 年出版的 *The Image Processing Handbook* 中的公式计算)。

自定义特征主要有:波段比值、色度、亮度和饱和度。

3. 基于样本分类

监督分类法根据一定数量的样本及其对应的属性信息,利用 K 最邻近(K-NN)、支持向量机(SVM)和主成分分析法(PCA)进行信息提取。K 最邻近分类算法依据待分类数据与训练样本在 N 维特征空间的欧几里得距离来对影像进行分类,K 由分类时采用的特征数目来确定。该方法的思路是:如果一个样本在特征空间中的 K 个最相似(即特征空间中最邻近)的样本中的大多数属于某一类,则该样本也属于这一类。与传统的最近邻方法相比,K 最邻近对周边和数据集中的噪声不太敏感,从而得到更准确的分类结果,它自己会确定最可能属于哪一类。支持向量机是一种来源统计学习理论的分类方法。主成分分析是比较在主成分空间的每个分割对象和样本,将得分最高的归为样本所定义的类。

样本数据和分类参数可以保存为 XML 文件,用户也可以导入已有的样本数据文件来分类。该功能方便用户对同一数据用不同的参数进行处理,比较后选择最佳的处理方法。另外,样本数据可以用于其他的类似数据或批处理模式。样本数据文件包含:对象分割参数如尺度参数、合并参数、精细化参数和计算的属性特征;分类方法和相关参数设置;样本及其属性特征。当被保存的样本数据被导入其他的监督分类项目使用时,影像分割采用的参数设置必须与样本数据完全一致,对新分类影像的分辨率倒不要求与原