

面向对象的高分辨率遥感影像道路自动提取实验

许高程^①, 毕建涛^②, 王星星^②, 屈鸿钧^①

(^① 北京全景天地科技有限公司, 北京 100085; ^② 中国科学院对地观测与数字地球科学中心, 北京 100094)

摘要:传统的遥感影像道路提取, 主要是利用数理统计与人工解译相结合的方法。这种方法不仅精度相对较低, 效率差, 而且依赖参与解译的人, 在很大程度上不具备重复性。本文采用面向对象的分类技术, 充分利用高分辨率遥感影像中丰富的空间结构信息和地理特征信息, 针对实验区中的不同道路类型, 在不同尺度下自动提取出道路信息。同时, 本实验还提供了一种提取道路的普遍性规则集, 提高了道路提取的自动化水平。通过实验表明: 该方法提取速度快、精度高。

关键词:面向对象; 多尺度分割; eCognition; 道路提取

doi: 10.3969/j.issn.1000-3177.2012.02.021

中图分类号: TP79 文献标识码: A 文章编号: 1000-3177(2011)120-0108-04

An Experiment of Automatic Road Extraction from High-resolution Remote Sensing Image Based on Object-oriented Technology

XU Gao-cheng^①, BI Jian-tao^②, WANG Xing-xing^②, QU Hong-jun^①

(^① Beijing Panorama Space Technology Co., Ltd., Beijing 100085;

^② Center for Earth Observation and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094)

Abstract: The traditional road extraction of remote sensing mainly makes use of the method combining statistics with man power interpretation, which is low in precision and inefficient. Meanwhile, the method depends on the people who participates in the interpretation doesn't have repetition to some extent. According to different styles of the road, this paper adopts a classification technology of object-oriented to extract the road information from high-resolution remote sensing image whose information is abundant in the space structure and geographical features on different scales. Meanwhile, this paper also provides a universal ruleset of road extraction, which improves the automation degree of road extraction. Also, the experiment indicates that this method has a precise result and short course.

Key words: object-oriented; multiresolution segmentation; eCognition; road extraction

1 引言

遥感影像的道路信息自动提取在很多领域已得到广泛的应用, 例如地理信息系统的建立和更新、车辆和飞行器自动驾驶等。国内外众多学者从不同角度、不同应用领域, 针对不同数据源都提出了自己的方法和研究成果。这些方法主要可分为两大类^[1], 一种是半自动的遥感影像道路提取算法, 同时也是使用最广泛的方法, 它通过人机交互的方法提取道路种子点信息, 然后结合道路知识, 利用一些自动搜

索跟着那个算法找出道路信息; 另一种是自动的遥感影像道路信息提取算法, 它结合道路知识利用人工智能的方法找出道路种子点信息, 然后再联结成道路网信息, 尽管这种方法目前还不是很成熟, 但却代表了技术发展的方向。由于遥感影像自身的复杂性, 其在光谱特征上存在着大量的同物异谱的现象, 如道路, 建筑物等在几何拓扑特征上目标信息存在着大量粘连遮盖现象, 如树木, 车辆等, 而且随着遥感技术的不断发展, 特别是高分辨率遥感影像数据的大量涌现, 传统的基于线状目标的遥感影像道路

收稿日期: 2011-08-03 修订日期: 2011-12-12

作者简介: 许高程(1982~), 男, 辽宁省沈阳市人, 硕士, 研究方向: 数字图像处理, 面向对象的影像分类, 目标识别。

E-mail: xgc@panspace.com.cn

提取方法(如 Hough 变换, 道路检测算子等)不能取得很好的效果, 这些使得通用的遥感影像道路信息的提取方法目前难以实现。因此, 一些学者也使用了面向对象^[2]等新技术对道路进行提取, 取得了较好的结果。这种面向对象的方法引入了道路的几何和空间特征, 可以有效利用背景特征, 有助于建立可靠、智能的自动道路提取系统。

本文在前人研究的基础上, 采用面向对象和多尺度影像分割技术, 利用 eCognition 软件对震后北川的高分辨率遥感影像进行自动道路提取, 并对分类结果精度进行评价。

2 研究方法

与以前的基于像元的处理方法不同, 面向对象的方法是利用对象的光谱、纹理、形状、空间关系以及对象与相邻对象、父对象、子对象之间的关系, 这些信息都被纳入知识库, 然后再利用知识和规则, 根据模糊逻辑和语义网络等智能方式融合多种特征, 产生想要的结果。

2.1 技术路线

本研究主要包括面向对象影像多尺度分割、影像分类、分类后优化和精度评价等 4 个步骤, 整体技术流程如图 1 所示。

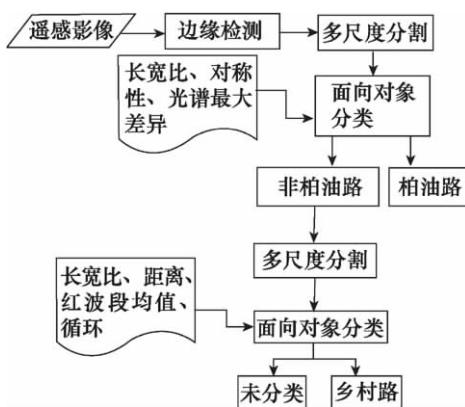


图 1 遥感影像自动道路提取技术路线

从技术路线图中, 可以看出本实验的提取思路, 即利用 eCognition 软件对遥感影像中的两种道路类型——柏油路和乡村路, 使用不同的多尺度分割参数和分类特征分别进行分类提取。由于柏油路在影像中相对均质且与其他地物区分明显等特点, 因此在提取柏油路时, 采用长宽比、对称性、光谱最大差异等特征; 而由于乡村路在影像中呈现宽度较小且有树木阴影的影响会出现“断点”, 因此在提取乡村路时, 采用循环迭代的方式, 根据长宽比、距离、红波段均值等特征, 从图像乡村路的起点开始, 一段一段地寻找可能的乡村路, 并把它们连接起来, 得到完整的乡村路。

下面详细说明本次自动道路提取实验的具体过程。

3 实验验证

3.1 实验数据

实验数据是由中科院对地观测中心在 5·12 汶川地震后, 利用 ADS80 传感器获取的北川地区震后高分辨率航空影像数据, 空间分辨率为 0.5m, 区域大小为 1535×1256 个像元。影像中存在两种道路, 一种是柏油路, 另一种是乡村路, 如图 2 所示。柏油路位于影像中间, 南北延伸, 呈灰暗色调, 并且与附近建筑物区域的光谱特征非常接近; 而乡村路位于影像的左下角, 因地震造成了较明显的阻塞, 呈亮色调, 并且与附近房屋的光谱特征很接近, 有些区域也有被树阴影遮挡的现象。



图 2 实验数据示意图(经过线性拉伸)

3.2 提取过程

根据技术路线, 首先要对影像进行多尺度分割。在进行面向对象的分割时, 要选择参与分割的影像波段。由于本研究是进行道路这种线性地物的自动提取, 因此最好在分割之前, 使用 canny 的边缘检测算法, 把得到的结果(如图 3 所示)参与到分割中去, 且权重设置的相对高一些, 这样有助于多尺度分割算法创建出道路边界的对象。另外, 由于提取的是道路这种线性地物, 分割时既要考虑光谱信息, 也要考虑形状信息, 因此分割参数中的形状参数应该设置大一些。

提取的前期准备工作主要是验证不同地物的最优分割参数, 其过程是固定尺度、形状、紧致度这 3 个参数中的两个参数, 而改变另外一个参数的不同数值, 进行不同参数的分割结果的比较, 最终得到最佳的分割效果的对象。

经过最优分割参数的反复验证, 得出分类柏油路和乡村路所使用的最优分割尺度是不同的。由于柏油路的宽度较大, 影像色调均一, 因此分类柏油路所选择的分割参数相对要大一些, 这样才能使道路提取的主要特征——长宽比, 成为典型特征, 用于区

分道路与其他地物。按照分割的尺度不同,本研究把分类的过程分为了两个部分,一个是分类提取柏油路,另一个是分类提取乡村路。



图3 Canny边缘检测结果(局部放大结果)

3.2.1 提取柏油路

根据分割参数的优化,本研究确定提取柏油路的分割参数设置如下:尺度为60,形状为0.5,紧致度为0.2,参与分割的影像层R、G、B、Canny四层的权重分别为1、1、1、2。影像分割结果如图4所示。图5显示了eCognition软件开发的柏油路分类规则集。

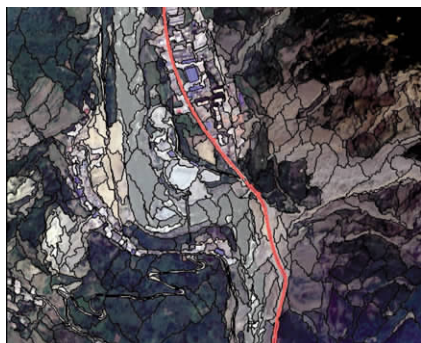


图4 尺度为60的多尺度分割结果(红色部分突显了分割出的道路对象)

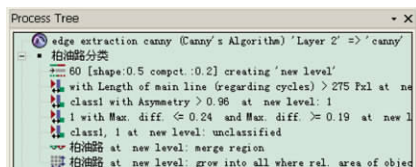


图5 柏油路分类的规则集

初步分割完成之后,要从软件的无数特征中找到提取道路的典型特征,例如长宽比、对称性等。选择典型特征提取柏油路是基于如下考虑:①潜在的道路对象的形状较细长,即长比宽的值较大,可以使用长宽比特征;②潜在的道路对象的形状较细,没有太多的“枝杈”,可以使用不对称性特征;③潜在的道路对象在色调上呈暗色,可以用最大差异特征。因此,本研究使用了长宽比、对称性以及光谱的最大差异的交集来分类出柏油路(如图6所示)。

3.2.2 提取乡村路

由于要在小尺度下提取乡村路,初步把柏油路提取出来后,当前的分割尺度较大,不能很好地分离出潜在“乡村路”对象,因此,再次在当前的分割层进



图6 柏油路提取结果(图中黄色部分)

行细分割,得到更小的对象。其分割参数设置如下:尺度为30,形状为0.5,紧致度为0.2,参与分割的影像层R、G、B、Canny四层的权重分别为1、1、1、2。图7显示了eCognition软件开发的乡村路分类规则集,其中3表示乡村路类别,而其他1、2、4、5表示循环的中间类别。

根据影像中的乡村路的具体情况,如拐点太多、树阴影的遮盖等情况,不能根据提取柏油路的特征来对它进行提取。本研究的目的是利用eCognition软件的面向对象技术,找到一种提取道路的普遍性规则,有效提取不同地区的道路。而所用到的一些特定的值进行提取不能很好的达成这个目的。因此,本次乡村路的提取采用一种循环迭代的“寻路”方式进行。其思想如下:①找出距离影像边界距离最近的影像对象,该对象的亮度值大于一定值(乡村路在色调上都是高亮的),且长宽比较大。将该对象作为循环的基准对象,如图8(a)所示,其紫色对象就是起始的乡村路类别的基准对象;②从基准对象开始,找到有且只有一个与其距离(对象的外接矩形之间的距离)为0的相邻对象作为起始对象,该起始对象是也有高亮度值且有较大长宽比的对象;③把原来的基准对象指定为乡村路类别,把上步找出的起始对象作为新的基准对象接着向下寻找新的起始对象,直到找到的起始对象值大于1,那么循环结束;④把多出的两个起始对象分类为未分类,这样,就把乡村路提取出来了。

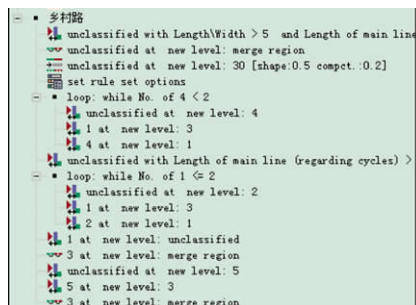


图7 乡村路分类的规则集

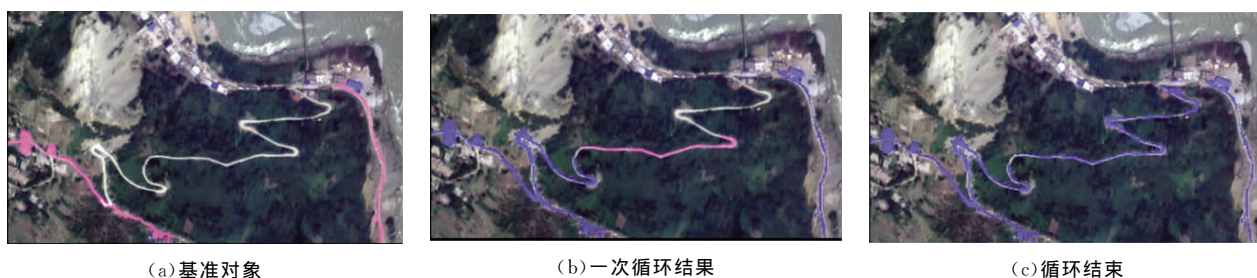


图8 “寻路”方式示意图

3.3 分类后优化

分类结束后,就要进行优化的过程,主要是对象边界的平滑处理以及由于树木遮盖引起的“断点”。本研究就是通过再次的细分割,找出那些两端都与乡村路类别对象相邻的对象,把它们分类为相应的道路类别,即乡村路类别,如图9所示的绿色部分。最后得到最终的道路提取成果图(如图10所示)。



图9 修补乡村路“断点”



图10 道路提取成果图

3.4 精度评价

从图10中,我们可以看出原始图像中主要道路,从位置和方向两方面上看,都能被很好的提取出

来。而且,通过分类后优化过程,把道路的非灾害“断点”尽可能的修补完整,得到较好的提取结果。

另外,本研究也给出了一种定量分析的指标,即道路提取正确率——正确提取的道路长度除以实际的道路长度。图10中,提取出的柏油路的长度是953.3m,而实际的长度为1001.4m,则计算出的柏油路提取正确率为95.2%;提取出的乡村路的长度是1307m,而实际长度为1512.7m,则计算出的乡村路提取正确率为86.4%。造成这种情况的原因是灾后道路损毁或植被遮挡而形成的“断点”。

4 结束语

基于面向对象的道路自动提取实验主要借鉴了面向对象影像分析中的多尺度分割技术和模糊逻辑的分类方式,能够充分利用高分辨率遥感图像的丰富的空间信息的特点,自动提取地物,而且还能输出带有属性表的多边形。另外,本实验还利用软件,根据道路目标对象的空间关系、光谱、形状等特征,制定循环迭代逻辑,把想要的道路对象从大量其他对象中提取出来并组合为一种道路类别,实现在大量复杂影像中提取道路的自动化过程。综上所述,自动影像提取技术的提高将改变在大量的工程中只有通过大量人力操作的帮助才能实现的现状。在未来几年内,从遥感影像中生成矢量格式的GIS目标将会成为遥感和GIS行业一项重大的任务。

参考文献

- [1] 林宗坚,刘政荣. 从遥感影像提取道路信息的方法评述[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2003,28(1).
- [2] 唐伟,赵书河,王培法. 面向对象的高空间分辨率遥感影像道路信息的提取[J]. 地球信息科学,2008,10(2):257-262.
- [3] Baatz M, Schape A12000. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation[C]//Angewandte Geographische Information Sverarbeitung XII. alzburg, Austria,2000:12-23.
- [4] Ursula C, Benz, Peter Hofmann, et al. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information[J]. Journal of Photogrammetry & Remote Sensing,2004,58 (3-4):239-258.
- [5] 孙晓霞,张继贤,刘正军. 利用面向对象的分类方法从IKONOS 全色影像中提取河流和道路[J]. 测绘科学,2006,31(1):62-63.
- [6] Ads Cap rioli M, Tarantino E. Urban features recognition from VHR satellite data with an object-oriented approach[C]// Proceedings of Commission IV Joint Workshop, Challenges in Geospatial Analysis, Integration and Visualization II. Stuttgart, Germany,2003:176-180.