

# 一种基于高空间分辨率遥感影像的道路提取方法研究

王艳梅<sup>1</sup>, 杨学志<sup>2</sup>

(1. 安徽三联学院 交通工程学院, 安徽 合肥 230601; 2. 合肥工业大学 计算机与信息学院, 安徽 合肥 230009)

**摘要:**高空间分辨率遥感影像中蕴含着丰富的道路信息,是基础地理信息更新很好的来源.以合肥市城区为研究区域,采用 QuickBird 高空间分辨率遥感影像为数据源,开展城市道路信息提取研究.首先,对 QuickBird 数据的多光谱波段进行人工采样,获取道路信息的光谱特征.其次,以光谱特征作为判据搜索研究区域上满足道路特征的道路点,得到道路的大致轮廓.最后,运用数学形态学工具对提取的道路结果进行进一步处理.结果表明,该方法可较完整的提取出城区道路网信息.

**关键词:**高空间分辨率;遥感影像;光谱特征;道路;提取

**中图分类号:**TP751 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-5639(2017)03-0111-04

**DOI:**10.14091/j.cnki.kmxyxb.2017.03.026

## A New Approach of Extracting Road from High Spatial Resolution Remote Sensing Images

WANG Yanmei<sup>1</sup>, YANG Xuezhong<sup>2</sup>

(1. Traffic Engineering College, Anhui Sanlian University, Hefei, Anhui, China 230601;

2. Computer and Information College, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui, China 230009)

**Abstract:** High spatial resolution remote sensing image containing large road information, is a good source for basic geographic information updates. Taking Hefei city as the research area, QuickBird high spatial resolution remote sensing image was used as the data source to extract and study the urban road information. Firstly, the spectral features of road information were obtained by manual sampling of multi spectral bands of QuickBird data. Then, the road points were searched by using the spectral feature as the criterion to get the rough outline of the road. Finally, the mathematical morphology tools were used to extract road results for further processing. The results show that the method can be more complete to extract the city road net information.

**Key words:** high spatial resolution; remote sensing images; spectral features; road; extract

随着遥感技术的不断发展,目前遥感影像的空间分辨率已达亚米级,并且遥感影像已广泛应用到国民经济的各个领域,如交通信息获取、森林火灾、国土资源管理、地图制作等.由于高空间分辨率遥感影像中蕴含着道路等丰富的交通信息,利用高空间分辨率遥感影像提取道路信息,能够快速自动建立城市道路网结构.国内的众多高校和科研院所已在这方面进行了20多年的研究,如武汉大学、解放军信息工程大学、中国科学院等,并取得了丰硕的成果.在世界范围内,有关这个方向的研究也已持续30多年.

目前,高空间分辨率遥感影像提取道路的算法

可分为两类:半自动道路提取算法和自动道路提取算法<sup>[1-2]</sup>.半自动道路提取算法主要包括动态规划法、影像分割法、Snake模型、模板匹配法等<sup>[3]</sup>;自动道路提取算法主要包括脊线探测法、统计模型法、平行线法、启发推理法、地图匹配法、面向对象法等<sup>[4-6]</sup>.文献[7]中提出了一种半自动道路提取算法,需要在道路上设置生长原点,然后根据道路的光谱特征和道路的连续性对原点的邻域点进行判断生长.但是由于高空间分辨率遥感影像细节和纹理等的复杂性,倘若在路网中含有路口、斑马线等情况下,应用该算法提取路网就需要设置多个生长原点,否则就容易导致提取失败.针对此算法的不足,本文

收稿日期:2016-12-19

基金项目:安徽省2016年高校优秀青年人才支持计划重点项目(gxyqZD2016401).

作者简介:王艳梅(1983—),女,安徽萧县人,讲师,硕士研究生,主要从事智能交通技术研究.

提出了一种新的高空间分辨率遥感影像上道路网的半自动提取算法. 该算法对文献[7]中的算法进行了改进, 不设置生长原点, 而是对研究区域上的所有像素点进行遍历, 具有较强的鲁棒性.

## 1 道路特征及提取过程

### 1.1 道路特征

影像特征是指由于地表物体的物理和几何特性不同而使高空间分辨率遥感影像上对应位置处的灰度存在差异. 由于高空间分辨率遥感影像中地物细节特征丰富, 因此必须明确道路的特征才能较准确地提取道路信息. 根据 Vosselman 等人<sup>[8]</sup>的描述, 道路的基本特征大致分为 5 类, 分别是几何特征、辐射特征、上下文特征、功能特征和拓扑特征.

#### 1.1.1 辐射特征

辐射特征主要表现为灰度特征. 道路区域内整体灰度比较均一, 且变化较缓慢, 同一段路的灰度值较为接近, 呈现两条明显的平行边缘. 道路区域灰度与其相邻区域灰度反差比较大<sup>[9]</sup>.

#### 1.1.2 几何特征

道路段呈现出宽度基本相同的长条状, 其长度远大于宽度, 且曲率保持在一定范围内.

#### 1.1.3 功能特征

根据道路在城市中的地位、交通特征和功能可分为不同的类型. 一般分为城市主干道、市区支道、专用道 3 大类型.

#### 1.1.4 拓扑特征

道路一般是交叉相连接的, 形成路网且不会突然中断. 每一道路段在连接处形成交叉路口, 如“十”、“T”和“Y”等.

#### 1.1.5 上下文特征

指与道路有关的特征, 如路上的汽车、两旁的树木、交通标线、路中间的栅栏、绿化带等.

### 1.2 提取过程

根据 Marr 视觉理论, 道路提取过程主要分为低、中、高 3 个层次, 如图 1 所示. 在低层次提取中, 主要提取特征点、纹理、边缘等各种要素, 没有用到与道路有关的知识, 提取的特征点、边缘等都没有结构化; 中层次提取是对低层次提取的结果进行分析、综合、选择和重组, 这个层次用到了与道路有关的知识; 高层次提取主要利用道路要素的结构和关系、模型、与道路有关的规则等理解、识别道路<sup>[10]</sup>.

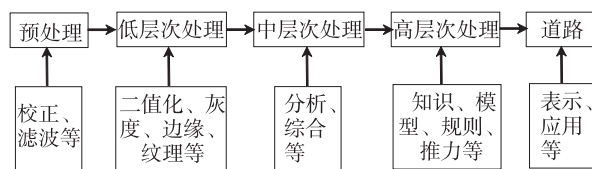


图1 道路提取过程

## 2 道路提取方法

遥感影像中道路的光谱特征可用每一波段的均值  $\mu_K$  和标准差  $\delta_K$  表示, 其计算如下式所示:

$$\mu_K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i, \quad (1)$$

其中  $v_i$  为影像对象的像元值,  $n$  为像素个数,  $K$  为波段数.

$$\delta_K = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \mu_K)^2}, \quad (2)$$

其中  $v_i$  为影像对象的像元值,  $\mu_K$  为对象均值,  $K$  为波段数.

本文基于光谱特征提取道路信息算法如下:

1) 在经过预处理的遥感影像上对没有干扰物的路面进行采样, 然后对所有的采样点进行统计, 应用(1)式和(2)式得出无干扰物路面的多波段光谱, 即红光波段、绿光波段、蓝光波段和近红外波段的平均值  $\mu_K$  和标准差  $\delta_K$ ,  $\mu_K$  和  $\delta_K$  反映了道路的光谱特征. 由于采样点直接影响道路提取结果的精度, 因此, 通常可采取多选择样本数量以提高准确度.

2) 以步骤 1) 中统计得出的  $\mu_K$  和  $\delta_K$  作为判据, 搜索研究区域上所有满足道路特征的道路点, 提取道路的轮廓. 这是采用本方法提取道路的关键环节, 其中包含的规则有: (a) 搜索判据. 对于某一待判断点  $P$ , 假设其四波段光谱值为  $K_P$ , 当其和采样点光谱统计值相近时, 则有理由被认为该点是道路点, 即若其光谱值满足:

$$\mu_K - \delta_K \leq K_P \leq \mu_K + \delta_K, \quad (3)$$

则认为  $P$  点是道路点, 否则判断该点是非道路点. 其中  $\delta_K$  为判断阈值. (b) 道路点搜索规则. 根据搜索判据对研究区域上的所有像素点进行遍历, 得到整个道路区域上的道路点, 并对每个道路点设置标志, 得到道路轮廓.

3) 运用数学形态学工具对提取道路结果进行进一步处理. 针对上述步骤提取道路产生的误差如下: 道路上不满足道路光谱特征的斑点, 如路上的车、行

人、斑马线、两旁的树木;道路外满足道路光谱特征的斑点,如房屋、广场等.对这两类误差可采用数学形态学中的腐蚀、膨胀和开闭运算进行消除<sup>[11]</sup>.

### 3 实验结果与分析

以合肥市市区作为应用研究区,实验选取的数据为合肥市区域的 QuickBird 遥感影像,该影像为 0.6 m 空间分辨率,包含红、绿、蓝和近红外 4 个波段的多光谱影像,选定区域大小为  $855 \times 412$  像素,主要包含草地、树木、建筑物、道路 4 类地物,对原始影像进行噪声等处理后得到预处理图,如图 2 所示.

首先,根据采样点统计道路的光谱特征,即道路红光波段、绿光波段、蓝光波段和近红外波段 4 个波

段的光谱均值  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$  和方差  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ .

其次,对研究区域上的所有像素点进行判断,若其光谱特征符合在以  $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$  为中心,以  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$  为阈值范围内时,则判断此点是道路点,对研究区域上的所有像素点进行遍历,得到道路轮廓图,如图 3 所示.

最后,运用数学形态学工具对提取道路轮廓进行斑点消除、断点连接、边界平滑等数学形态学处理得到提取的道路图,如图 4 所示.由图 4 可以看出,数学形态学基本上可以把内部斑点消除、道路边界变得光滑、对误提取的非道路区域进行消除.图 5 是提取的道路结果叠加在原图上.从图 5 可以看出,基本上能把道路较为理想的提取出来.



图2 预处理

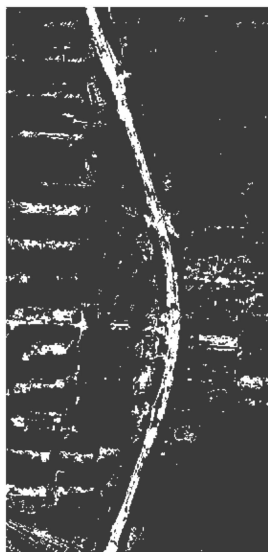


图3 道路轮廓

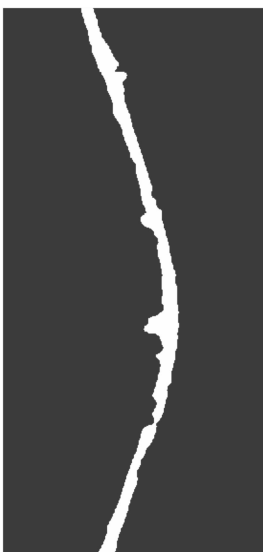


图4 提取的道路

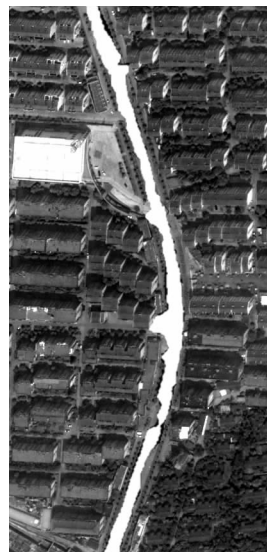


图5 叠加图

另外,对于应用研究区的另一个样本(研究区 2)进行道路提取,样本区域大小为  $952 \times 581$  像素,与前一样本相比较,该研究区域上有十字形道路交叉口,提取

结果如图 6、图 7、图 8 所示.图 9 是提取的道路结果叠加在原图上.从图 9 可以看出,在包含道路交叉口的情况下,该方法也能把道路较为理想的提取出来.



图6 研究区2预处理



图7 研究区2道路轮廓





图8 研究区2提取的道路



图9 研究区2叠加图

#### 4 结论

本文主要采用基于高空间分辨率遥感影像中道路的光谱特征和数学形态学相关算法进行道路提取,通过人工采样获取多光谱波段的光谱特征并以此作为判据对研究区域的像素点进行判断识别,提取出道路点,得到道路轮廓。然后,运用数学形态学进行斑点消除、断点连接、边界平滑处理得到提取道路图。根据道路边界的光谱特征可以提取出边界分明的道路点和非道路点,利用道路的连续性,可以排除非道路的边界。因此,本方法充分利用了高空间分辨率遥感影像中道路的光谱特征和几何特征,具有较高的精度,基本上能把道路信息较理想的提取出来。

然而,该提取算法尚存在有待完善的地方,如因为存在同物异谱、异物同谱现象导致道路点提取时的误判,而后期运用数学形态学处理的过程中,对已提取的道路点有损失,导致提取精度下降,进而使道路提取结果的面积与实际面积存在误差。如果能应用道路的其他特征辅助道路提取<sup>[12]</sup>,可能会进一步提高道路提取精度,这是以后继续研究的内容。

#### 【参考文献】

- [1] 张连均,张晶,郭阳,等. 高分辨率遥感影像道路提取方法综述[J]. 测绘与空间地理信息,2010,33(4):26-30.
- [2] 杨晓亮,文贡坚. 高分辨率遥感影像中提取道路网方法综述[J]. 遥感技术与应用,2012,27(3):465-471.
- [3] RAZIQ A, XU A, LI Y. Automatic extraction of urban road centerlines from high-resolution satellite imagery using automatic thresholding and morphological operation method[J]. Journal of Geographic Information System,2016,8(4):517-525.
- [4] GHASEMLOO N, MOBASDHERI M R, ZARE A M, et al. Road and tunnel extraction from spot satellite images using neural networks[J]. Journal of Geographic Information System,2013,5(5):69-74.
- [5] MOHAMMADZADEH A, TAVAKOLI A, ZOEJ M J V. Road extraction based on fuzzy logic and mathematical morphology from pan-sharpened ikons images[J]. Journal of Geographic Information System,2006,21(21):44-60.
- [6] YANG T, ZHANG L, WANG H. Road vector map change monitoring based on high resolution remote sensing images[J]. Advances in Remote Sensing,2014,3(4):272-279.
- [7] 谢谦礼,程承旗,马廷. 一种基于高分辨率遥感影像的道路提取方法[J]. 计算机工程与应用,2006,42(17):188-190.
- [8] VOSSELMAN G, KNECHT J D. Road tracing by profile matching and Kaiman filtering[M]. Berlin: Springer,1995:265-274.
- [9] 赵文智,雒立群,郭舟,等. 光谱特征分析的城市道路提取[J]. 光谱学与光谱分析,2015,35(10):2814-2819.
- [10] 周家香,周安发,陶超,等. 一种高分辨率遥感影像城区道路网提取方法[J]. 中南大学学报,2013,44(6):2385-2391.
- [11] 周绍光,陈超,岳建平. 形状先验和图割的高分辨率遥感影像道路提取[J]. 测绘学报,2014,43(1):60-65.
- [12] 李成范,刘岚,周廷刚,等. 基于行道树的高分辨率遥感影像道路提取研究[J]. 遥感应用,2009(1):32-35.