

doi: 10.6046/gtzyyg.2012.01.03

一种面向高空间分辨率遥感影像的 路口自动定位新方法

张伟伟^{1,2}, 毛政元^{1,2}

(1. 福州大学空间数据挖掘与信息共享教育部重点实验室 福州 350002;
2. 福州大学福建省空间信息工程研究中心 福州 350002)

摘要: 在系统归纳和分析现有的路口遥感信息提取方法的基础上,提出一种面向高空间分辨率遥感影像的路口自动定位新方法。该方法首先通过低梯度运算获取同质区域;然后设定阈值去除同质区内的水体、阴影以及小面元干扰物;再利用 Hough 变换检测二值图像中的直线,并根据直线参数出现的频率排序,保留参数出现频率较高且相互间夹角较大的直线;最后用该组直线交点的平均值定位路口。以福州市城区局部 QuickBird 全色影像为数据源定位四岔路口与三岔路口的实证研究表明,在同物异谱与异物同谱现象严重情况下,本文算法所定位的路口仍然准确有效。

关键词: 路口; 路口自动定位; 高空间分辨率; QuickBird 影像; Hough 变换

中图分类号: TP 751.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2012)01-0013-04

0 引言

随着遥感技术的发展,以遥感影像为依据实现城市道路变化检测与更新已经成为主要方法。路口是道路网的重要组成部分,路口的精确定位有助于提高道路网的提取精度与效率。现有基于遥感影像的路口提取方法研究主要利用中低分辨率遥感影像。受分辨率影响,路口的定位在精度、自动化水平、对数据源的适应性等方面均存在明显的局限性。高空间分辨率(下文简称高分辨率)遥感影像信息量大、细节信息丰富,但“同物异谱”与“异物同谱”现象比较普遍,因此基于高分辨率遥感影像的路口自动提取是一个更具发展潜力、也更具挑战性的研究方向。本文在现有研究成果的基础上,进一步研究了基于高分辨率遥感影像自动提取路口的办法。

现有文献中有关从遥感影像中提取路口的办法分为3种基本类型:①先提取道路,后提取路口^[1-3];②直接提取路口^[4];③基于知识提取路口^[5-8]。方法①最为常见,但该方法较复杂,就目前的研究进展而言,道路自动提取还很困难,现有技术在自动提取道路的完整性和正确性上尚未取得满意的结果;文献[9]改进了该类方法提取路口的精度,并进行了精度评价。方法②需要统计分析遥感影像路口本身的特征,运用各种统计分析工具(如判别分析、主成分分析、因子分析等)针对选择的训练区

进行分析,以建立路口模型即路口检测算子。但是针对不同的影像都需要建立训练区,这成为实现路口自动提取的一大障碍;另外,该类方法提取路口的错误率较高,提取精度仍有待提升。方法③是以外数据引导路口提取,其中一类作法是将对地理空间数据的认知转化为先验知识对路口进行分类,通过对每一类型的路口分别建模实现不同类型路口的提取;另一类作法则是通过引入矢量道路地图数据,在矢量地图与遥感影像配准的基础上,依据矢量地图上路口的几何信息与属性信息提高路口提取的准确率与精度。这种作法能够在提高精度的前提下大大降低路口提取算法的复杂性。本文提出并实现的路口提取方法属于方法③中的第二类——利用低梯度运算、Hough 变换等一系列算法直接提取路口。

1 技术路线与方法

随着遥感影像空间分辨率的不断提高,其上的细节信息越来越丰富,可以识别的道路目标也越来越多(其中包括许多在中低分辨率影像上难以辨别的窄小道路);同时,影像上非目标噪声也随着空间分辨率的提高而增多,利用现有针对中低分辨率影像发展而来的道路提取方法很难从高分辨率影像中提取道路^[10]。由于路面材料及筑路时间等方面的差异,不同道路(甚至同一道路的不同路段)之间的光谱特性相差很大,同时部分道路与房屋、广场等地

收稿日期: 2011-04-26; 修订日期: 2011-05-19

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 40871206)和国家科技支撑计划项目(编号: 2007BAH16B01)共同资助。

物的光谱特性十分相似,而且高分辨率遥感影像上普遍存在的“同物异谱”和“异物同谱”现象对道路提取的干扰更为严重,因此利用单一的灰度信息定位路口很难奏效。

针对高分辨率遥感影像的上述特点,本文提出一种自动定位路口的新技术,技术流程如图 1 所示。

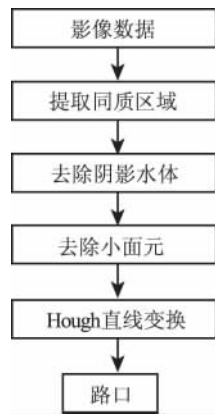


图 1 路口定位技术流程

Fig.1 Technological flow chart of positioning road junction

首先利用低梯度运算分离出道路的同质区域,然后利用 Hough 变换定位路口。考虑到高分辨率影像上城市建筑物与道路之间的光谱特性极为相似,图像分割后所形成的影像对象形状也很接近,目前尚无有效区分二者的成熟算法,为了防止道路信息丢失,本文暂不考虑剔除同质区域中的建筑物。

1.1 提取同质区域

在高分辨率遥感影像上,道路同时具有长度和宽度特征,虽然存在着“同物异谱”与“异物同谱”现象的干扰,但与道路相似的同质区域整体面积较大、同质性较高、连通性较好,因此,道路的局部同质性可作为道路抗干扰、易被识别的重要特征。根据道路的同质性提取道路,首先要识别影像上的同质区域(即灰度相差不超过一定阈值的像元组成的区域)本文采用灰度的低梯度指标(该指标较方差更为敏感)识别各同质区。

1.2 去除阴影、水体与小面元

同质区中对道路形成干扰的地物包括阴影、水体、部分建筑物与部分绿地,其中,阴影与水体的灰度值较小,且内部更加均匀,可通过设定灰度阈值予以剔除。小面元干扰物是道路背景的主要组成部分,由局部均匀性所致,主要源于建筑物、车辆、斑马线与绿地等地物中的局部同质区,也可能是道路被干扰后的部分同质区。去除小面元干扰物可在突显道路的同时模糊背景,使道路影像更加清晰、光滑,突出道路的整体特征。依据遥感影像的空间分辨率设定合理的阈值是去除小面元干扰物的关键,阈值

过小达不到目的,阈值过大会引起道路的中断,本文所使用的 QuickBird 全色影像空间分辨率为 0.61 m,面积阈值设置为 200 个像元。

1.3 Hough 直线变换提取路口

影像分割后的道路部分过于细碎,连接性较差,但其总体形状仍能反映出道路的主体轮廓特征。经同质区域提取、去除阴影与水体以及小面元后,道路的方向性和直线性特征变得更为明显。在此基础上,采用 Hough 变换检测出任意方向的直线;将检测到的直线按其出现的频率排序,保留前 n (n 的值可根据实际情况进行调整)条直线作为道路方向上的直线;再计算每两条直线之间的角度是否大于指定的角度阈值,大于则计算并保留直线交点;最后取被保留的全部直线交点坐标的均值作为路口中心(图 2)。

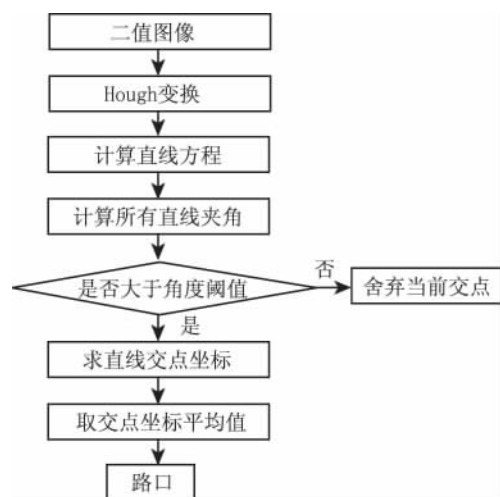


图 2 Hough 变换提取路口的流程

Fig.2 Flow chart of extracting road junction using Hough transformation

2 实验结果与分析

选取福州市城区一个四岔路口与一个三岔路口及其附近的 QuickBird 全色波段影像数据进行实证研究。

2.1 四岔路口的定位结果

图 3(a) 是福州市城区某一四岔路口及其附近的 QuickBird 影像,该影像存在“同物异谱”(道路本身灰度不均匀)与“异物同谱”(道路与房屋、植被的光谱特性较为相似)现象,且路面受到车辆等因素的严重干扰,其影像特征在城市高分辨率影像中具有代表性及典型性。本例中设定小面元干扰物的面积阈值为 200 个像元,水体与阴影的灰度阈值为 35。从图 3(d)中可以看出,道路、水体、阴影和建筑物是同质区域的主体,水体和阴影的去除效果较好。利用 Hough 变换提取直线,保留符合直线间夹角大于 $\pi/3$ 的前 6 条直线,并计算其交点(图 3(f)中的蓝色标识点)。图 3(g)是对被保留的 6 条直线的交点坐标

取均值的結果。基于四岔路口影像数据的实证研究表明,在干扰物较多的情况下,利用 Hough 变换提

取的直线与道路延伸方向基本吻合。经实地验证,本方法所定位的路口与实地路口的误差为 0.5 m。

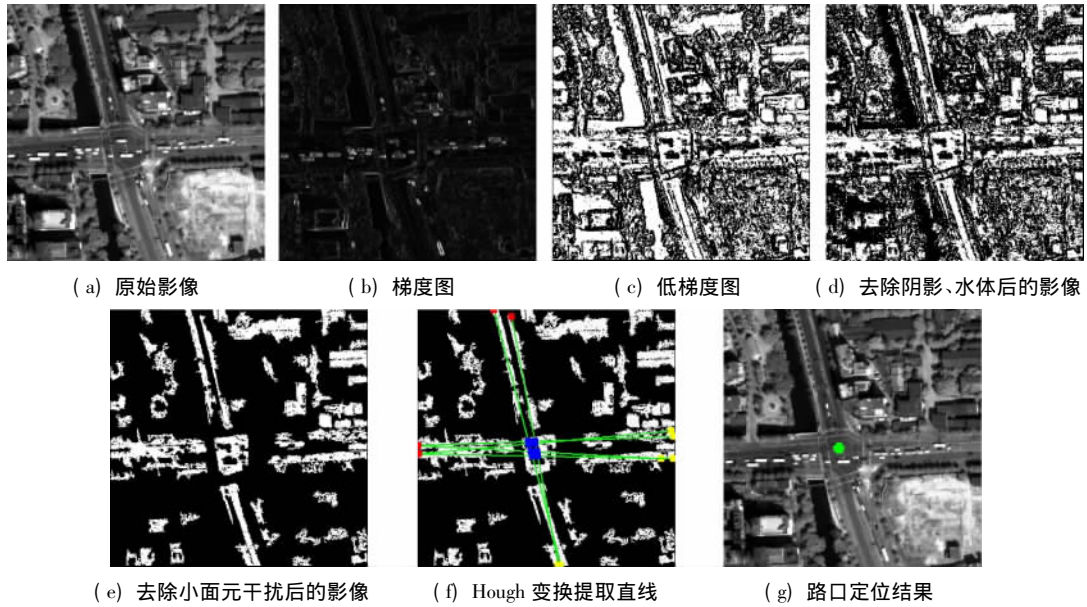


图 3 四岔路口定位过程

Fig. 3 Process of positioning four - fork road junction

2.2 三岔路口的定位结果

图 4(a) 是福州市城区一个三岔路口及其附近的 QuickBird 影像,由于道路的筑路时间及路面材料等因素的影响,水平和垂直两个方向上的道路灰度差别很大,道路同物异谱现象较上节提及的四岔路口影像更为严重;此外,无论水平方向还是垂直方

向上的道路都有部分路面与建筑物的光谱特性相似,并存在车辆、植被和阴影等干扰因素。数据处理方法和步骤与上节类似,图 4(b) —(g) 分别是每一处理步骤得到的结果。在同物异谱现象更为严重的情况下,经实地验证,本方法定位的三岔路口与实地路口的误差为 0.8 m。

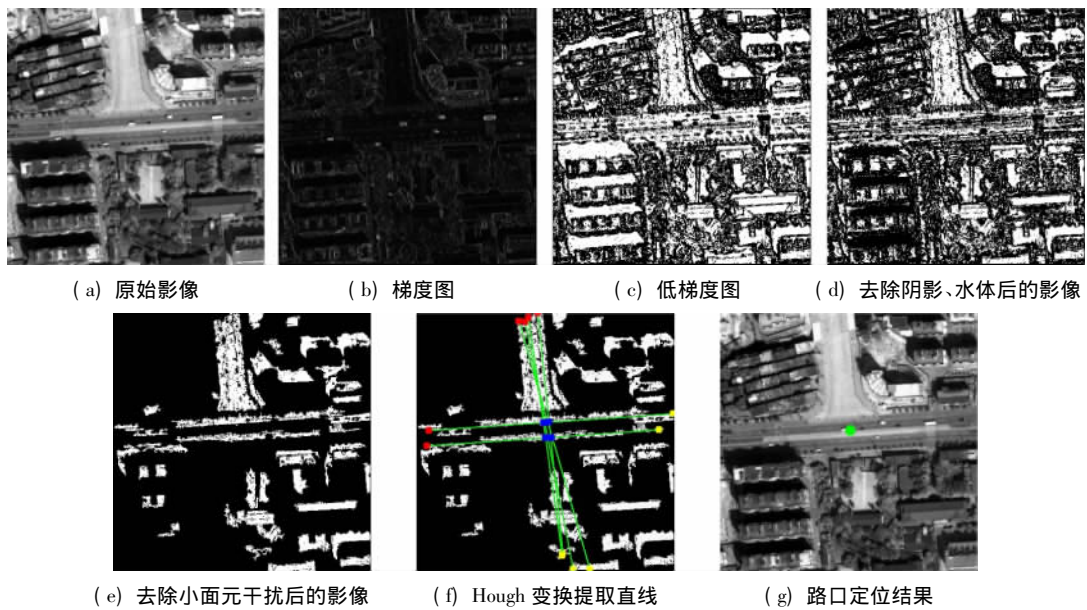


图 4 三岔路口定位过程

Fig. 4 Process of positioning three - fork road junction

3 结论

1) 道路数据是一种重要的基础地理信息资源,

如何保持其现势性是地理信息系统领域中长期受到关注的热点问题,利用遥感影像实现道路变化检测与更新已成为解决该问题的基本趋势,路口的自动、准确定位有助于提高道路网的提取精度与效率。

2) 本文基于城市道路的几何与光谱特征,利用 Hough 变换设计了一种在高空间分辨率遥感影像上自动定位路口的新方法并实现了相关算法,较好地克服了基于中低分辨率遥感影像的路口提取方法在精度与自动化程度两个方面均存在的局限性。

3) 以福州市城区局部 QuickBird 全色波段影像为数据源定位四岔路口与三岔路口的实证研究表明,在同物异谱与异物同谱现象严重、与道路相似的干扰物较多的情况下,本文算法依然能够准确地定位路口,具有较强的抗干扰性。

参考文献:

- [1] Baumgartner A, Steger C, Mayer H, et al. Automatic Road Extraction in Rural Areas [J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 32(3; SECT 2W5): 107-112.
- [2] Mayer H, Laptev I, Baumgartner A. Multi-scale and Snakes for Automatic Road Extraction [J]. Computer Vision—ECCV '98, 1998: 720-733.
- [3] Hinz S, Baumgartner A, Steger C, et al. Road Extraction in Rural and Urban Areas [J]. Semantic Modeling for the Acquisition of Topographic Information from Images and Maps, 1999: 7-27.
- [4] Barsi A, Heipke C, Willrich F. Junction Extraction by Artificial Neural Network System - JEANS [J]. International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2002, 34(3/B): 18-21.
- [5] Teoh C Y, Sowmya A. Junction Extraction from High Resolution Images by Composite Learning [J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing 2000, 33(B3/2; PART 3): 882-888.
- [6] Boichis N, Viglino J M, Cocquerez J. Knowledge Based System for the Automatic Extraction of Road Intersections from Aerial Images [J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing 2000, 33(B3): 27-34.
- [7] Chen C C, Thakkar S, Knoblock C, et al. Automatically Annotating and Integrating Spatial Datasets [J]. Advances in Spatial and Temporal Databases 2003: 469-488.
- [8] Ravanbakhsh M, Heipke C, Pakzad K. Knowledge-based Road Junction Extraction from High-resolution Aerial Images [J]. IEEE, 2007.
- [9] Wiedemann C. Improvement of Road Crossing Extraction and External Evaluation of the Extraction Results [J]. International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences 2002, 34(3/B): 297-300.
- [10] 史文中, 朱长青, 王昱. 从遥感影像提取道路特征的方法综述与展望 [J]. 测绘学报, 2001, 30(3): 257-262.
- [11] 陈震, 高满屯, 杨声云. 基于 Hough 变换的直线跟踪方法 [J]. 计算机应用, 2003, 23(10): 30-32.
- [12] Hough P V C. Method and Means for Recognizing Complex Patterns [P]. US: Patent 3 069 654, 1962.
- [13] Duda R O, Hart P E. Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures [J]. Communications of the ACM, 1972, 15(1): 11-15.
- [14] Sonka M, Hlavac V, Boyle R, et al. 图像处理: 分析与机器视觉 [M]. 艾海舟, 武勃, 等译. 北京: 人民邮电出版社, 2003.

A New Approach to Automatic Positioning of Road Junctions in High Spatial Resolution Remotely Sensed Imagery

ZHANG Wei-wei^{1,2}, MAO Zheng-yuan^{1,2}

(1. Key Laboratory of Spatial Data Mining and Information Sharing of Ministry of Education, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China; 2. Provincial Spatial Information Engineering Research Center, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: On the basis of systematically inducing and analyzing the methods to extract road junctions from remotely sensed imagery, a new approach to automatically positioning road junctions in high spatial resolution images is presented in this paper. The related algorithm includes the following steps: firstly, the homogeneous areas are obtained by lower gradient operator; then, waters, shadows and small areal distracting features are removed one by one; after that, the straight lines are detected in the binary image by means of Hough transform; finally, the detected straight lines are sorted according to the frequency with which they appear and the road junctions are indicated with the average coordinates of the intersections of several top frequent straight lines each of which at least has one intersection angle larger than the predetermined threshold. In the case study, an intersection and a junction of three roads were located in local urban area of Fuzhou by using QuickBird panchromatic image as sample data, showing that the proposed approach, with robustness against spectral confusion and confused features, can efficiently and accurately locate road junctions.

Key words: road junctions; automatic positioning of road junctions; high spatial resolution; QuickBird image; hough transformation

第一作者简介: 张伟伟 (1985-) 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向为空间数据挖掘。E-mail: zdwbbc@163.com。

(责任编辑: 李瑜)