

一种新的城市路网合成方法研究

李 奇^{1,2}, 宋万忠^{1,2}

(1. 四川大学 计算机学院, 四川 成都 610064;

2. 四川大学 视觉合成图形图像技术国防重点学科实验室, 四川 成都 610064)

摘 要:在大范围城市交通态势显示和交通仿真中,使用卫星地图为背景可提供更强的真实感和可信度。目前商用类似技术中,常用的 GPS 路网叠加卫星地图的方法,存在 GPS 路网和卫星地图不能准确匹配对齐的问题。文中提出一种新的路网合成方法,通过融合处理 GPS 路网信息和卫星地图信息,使用图形图像处理方法,从而得到准确对齐的城市路网。该方法包括 GPS 路网信息,及卫星地图处理和路网合成处理两部分,并且通过实验证明了该方法的有效性和实用性。

关键词:路网合成;交通态势;交通仿真;GPS 路网;卫星图片

中图分类号:TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)02-0017-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.02.004

Research on a New Method of Urban Road Network Synthesis

LI Qi^{1,2}, SONG Wan-zhong^{1,2}

(1. College of Computer, Sichuan University, Chengdu 610064, China;

2. Key Lab of Fundamental Synthetic Vision Graphics and Image for National Defense,
Sichuan University, Chengdu 610064, China)

Abstract: In the large scale of urban traffic situation display and traffic simulation, it will provide more realism and credibility to use the satellite map as the background of the display and simulation. Currently, in the most of similar commercially technology, there are the problem that road network and GPS satellite maps can not be accurately aligned in the commonly used method. In this paper, propose a new method for the synthesis of the road network, through the integration of GPS road network and satellite map, and using the graphics and image processing algorithms, it can be get the accurate alignment of urban road network. The method includes two parts, the first part is GPS road network information, the second is satellite map processing and synthesis of road network processing. The experimental results demonstrate the effectiveness and practicality of the method.

Key words: road network synthesis; traffic situation; traffic simulation; GPS network; satellite images

0 引言

国内大部分的交通显示中都使用已有的电子地图路网,路网中道路信息获取的方法主要有:车载 GPS 记录、摄影获取、测绘仪器测量,还有利用 MapInfo 电子地图绘制路网的研究,这种路网建模的方法效率极高,并且生成的路网与原地图一致。但这些生成的路网都是平面的电子地图,不具备使用卫星图片所提供的更强的真实感和可信度。

卫星地图包含了丰富的地表信息,在交通态势中使用卫星地图作为背景,这也会让使用者有种如临现场的感觉。然而,目前的卫星地图中叠加的城市路网

还存在错误和偏差。如图 1 所示,该图像是在百度卫星地图的截图,图像中的道路是成都市玉林北路,灰色的带状道路是叠加上去的,单箭头线为实际的道路位置,显然它与实际的道路存在较大的偏差,GPS 路网和卫星地图没有对齐。在实际的交通显示中,使用这样的地图,也失去了在交通态势中卫星图片作为地图背景的可信度。同时,卫星图片本身也存在一定的噪声干扰,如车辆、道路两旁的树等,这就需要一种新的方法来研究城市路网的合成。

目前的道路研究大部分都按照 Marr 视觉分层理论^[1],即包括边缘检测、边缘连接、边缘跟踪处理等过

收稿日期:2014-03-25

修回日期:2014-06-29

网络出版时间:2014-12-27

基金项目:国家“863”高技术发展计划项目(2012AA011804)

作者简介:李 奇(1988-),男,硕士研究生,通讯作者,研究方向为计算机图形学与图像处理;宋万忠,副研究员,研究方向为计算机图形学与图像处理。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141227.1348.050.html>

程,但由于受噪声干扰,以及算法本身的局限性和对预处理结果的依赖性,往往造成提取的道路边缘不连续、不完整且局部不光滑。并且这些研究方法按照自动化程度,可分为半自动的方法和全自动的方法。此前有大量的道路路网的研究方法,如 snake 模型^[2-3],该方法对初始位置敏感,需要依赖其他机制将 snake 放置在感兴趣的图像特征附近,由于 snake 模型的非凸性,它有可能收敛到局部极值点,甚至发散。基于 Hough 变换^[4-5]、基于直线模型^[6],这两种方法是基于小范围具体道路的研究,在对大范围卫星图片道路研究时效率不高。

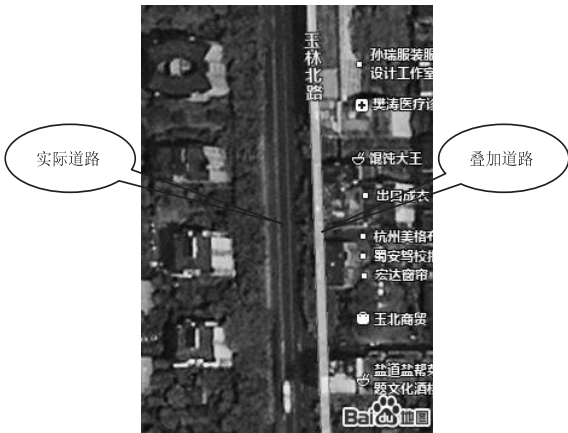


图 1 卫星地图与城市路网偏差情况图

文中提出一种新的城市路网合成方法,将卫星图片与 GPS 路网结合,叠加合成具有能应用于交通仿真的路网。该方法主要包括两个部分的内容(如图 2 所示):第一部分为前期处理,主要是对 GPS 路网数据的转化、道路的合并以及卫星图片的边缘处理;第二部分路网合成处理是根据预处理的 GPS 路网数据和卫星图片提取正确合理的道路边界,从而合成城市路网。

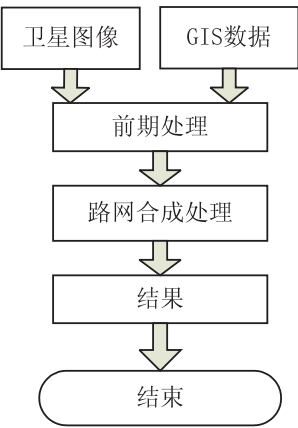


图 2 路网合成处理方法图

1 路网合成处理方法

1.1 预处理

从 OPENSTREETMAP 上下载 GPS 路网数据格

式与需要的道路数据不一致,故需要对下载的路网数据进行预处理,以便能与卫星图片道路相匹配^[7],主要是将道路节点与坐标点的转化以及道路的合并。

道路节点与坐标点的转化是为了使下载的 GPS 数据能与卫星图片上坐标相对应,从而找到卫星图片上的道路位置和方向信息。由于 GPS 路网与卫星地图坐标投影,此处转化公式可近似处理如下:

$$(x,y)=\frac{\text{lon}-\text{lon}_{\min}}{x_s},\frac{\text{lat}_{\max}-\text{lat}}{y_s} \tag{1}$$
$$x_s=\frac{\text{lon}_{\max}-\text{lon}_{\min}}{tw},y_s=\frac{\text{lat}_{\max}-\text{lat}_{\min}}{th}$$

其中,lon、lat 分别表示 GPS 路网中的经度、纬度;tw、th 表示卫星图片的宽度和高度。

道路合并是为了保证道路的开始节点和结束节点的度不为 2,即将那些开始节点或结束节点度为 2 的道路和相邻的道路进行合并,以保证满足上面给出的道路定义条件。为了进行道路合并这一操作,首先需要添加一个 Road(P_i) 函数,该函数用于判断该节点在几条道路上。

Road(P_i) 函数实现方法如下所示:在道路节点链表查找第一条包含 P_i 节点的道路,并将道路编号保存,然后在此位置后继续查找该节点是否在另一条道路中。若有,则保存该道路编号,最后返回道路数目 n ,表示已查找到 n 条道路包含该节点;若无,则返回道路数目 1,表示仅一条道路包含该节点。

在实现了 Road(P_i) 函数的基础上,可以实现道路合并的操作编码。具体方法如下:遍历节点链表,首先找出 degree(P_i) 为 2 且 Road(P_i) 为 2 的节点,并且判断该节点所在的道路是否已经进行了道路合并操作,若有则跳过,若无则进行下一步。通过 Road(P_i) 函数中保存的道路编号数据,可以得到这两条道路的首尾节点数据,详细算法可参考文献[8]。

图片前期处理主要是对其进行边缘处理^[9],这里使用图像处理中常用的边缘检测算子得到边缘的二值图像。像素取值为 0 表征该像素处于背景,像素取值为 1 则表征该像素处于前景。二值图像作为处理输出结果经常出现在图像掩码、图像分割^[10]和二值化中。文中采用的是 Canny 算子^[11-12],它在抗噪声干扰和精确定位之间寻求了一种折中方案。

1.2 路网合成

由路网构成的原则,每条道路是由大量的直线段构成,可将每条直线段的端点扩展,构成小的矩形对路网分块,理论上由每条直线段组成的分块区域内的道路边界也应该是一条直线段,并且每个区域一定存在或部分存在道路边界,因此路网合成处理流程如图 3 所示。

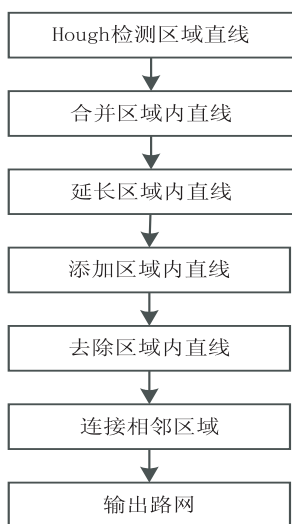


图3 路网合成处理流程图

1.2.1 Hough 检测区域直线

霍夫 (Hough) 变换^[13]此时可以发挥它重要的作用,它在检测间断点边界形状上效果突出。简单来说,它首先变换图像坐标空间到参数空间,然后通过查找峰值来寻找直线或方程已知的曲线。其主要优点是,检测时中断点基本不会干扰到最后的结果,因此是一种快速形状检测方法^[14]。

由于该路网是由多个节点构成,每两个节点构成一条线段,将两个相邻的节点扩展可得到一个矩形区域,利用 Hough 直线检测原理,检测出每个区域内的直线,根据 GPS 路网道路信息,保留区域内检测的直线与 GPS 路网道路的角度差在 0° 至 10° 之间的线段,保留的线段即 Hough 检测后的区域内的线段。

1.2.2 合并区域内直线

每个矩形区域内 Hough 检测的直线是大量零散不完整的直线段,故需将每个区域的与 GPS 路网数据方向相同且在同一直线上的直线段进行合并。合并线段存在三种情况,如图4所示。

①包含关系,其中一条线段的起点小于另一条的起点,终点大于另一条线段的终点;

②部分包含关系,一条线段的起点、终点小于另一条线段的起点、终点;

③不包含关系,其中一条线段的终点小于另一条线段的起点。



图4 区域内直线段位置图

计算两条直线段的距离以及两直线段所在直线的与 GPS 路网数据的角度差。若两直线距离小于 K ,若是第一种包含关系,则去除与 GPS 路网数据角度差较大的直线段;若是第二种和第三种情况,并且两直线段与 GPS 路网数据的角度差之差小于 5° ,则合并两条线

段后保留第一条的起点和第二条的终点。由此可合并区域内相近或在同一直线上的线段。

1.2.3 延长、增加区域内直线

延长合并区域内的直线。直线延长公式(2)如下,线段起点 $s_a(x_a, y_a)$ 、终点 $s_b(x_b, y_b)$,延长后线段起点 $s_a'(x_a', y_a')$ 、终点 $s_b'(x_b', y_b')$ 。

$$y' = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} * (x' - s_x) + s_y \quad (2)$$

其中, y' 是延长后点的纵坐标值; x' 是原起点、原终点横坐标值; s_x, s_y 为矩形区域其中某个顶点坐标。

每个区域内全部存在或部分存在所需道路边界,因此需为每个区域增加直线,以相邻区域内线段的终点(起点)以及本区域内 GPS 路网数据道路为原始条件,为每个区域增加相应直线,以使得每个区域都一定存在所需的道路边界。

1.2.4 去除区域内直线

由上一步延长增加直线后,每个区域存在部分不符合条件的直线,并且,每个区域只需保留四条直线作为合成路网的道路边界。在区域 $\text{region}(0)$ 内选取四条直线作为判断其下一个区域将保留的直线的种子直线,将新得到的区域 $\text{region}(i)$ 内的四条直线作为区域 $\text{region}(i+1)$ 的种子直线,外面两条直线的终点作为判断 $\text{region}(i+1)$ 的阈值 V_{\max}, V_{\min} ,如果区域 $\text{region}(i+1)$ 内直线起点小于 V_{\min} 或者大于 V_{\max} ,则将直线去掉,否则保留;再统计区域 $\text{region}(i+1)$ 内的直线数量,如果直线的数量多于4条,则根据 $\text{region}(i)$ 区域内中间两条直线判断 $\text{region}(i+1)$ 区域内直线,最后在 $\text{region}(i+1)$ 区域内保留四条线段起点和 $\text{region}(i)$ 区域内四条线段终点差值最小的线段作为 $\text{region}(i+1)$ 区域内保留的四条直线;依次循环,直到 $i+1$ 为最后一个区域循环结束,最终使得每个区域保留四条线段。

1.2.5 连接相邻区域直线

去除区域内部分直线后,每个区域都有且仅有四条线段,连接相邻区域的线段,得到的连贯的边缘则为合成路网。设 $\text{region}(i)$ 内线段的终点 a_e^i 和 $\text{region}(i+1)$ 中的起点 b_s^i ,若 a_e^i 等于 b_s^i ,则将这两条线段连接,构成合成路网中的一条边;若 a_e^i 不等于 b_s^i ,则根据 a_e^i 与 b_s^i 的差值比例修正这两条直线,修正可取两点坐标的平均值。最终连接起来的完整平滑的直线段即为合成路网。

2 实验结果

为了验证该道路提取方法的有效性,文中在 VS2013 和 OpenCV2.4.4 的环境下,对成都市南三环路进行路网合成,最终合成效果如图5所示。



图 5 GPS 路网与卫星地图路网合成图

从图中可以观察到,通过文中的方法,根据 GPS 路网数据,对道路分区域 Hough 检测,对每个区域直线合并、延长、增加、删除后,连接相邻区域,可得到合成路网。

3 结束语

文中提出了一种新的 GPS 路网数据与卫星地图路网合成的方法。GPS 路网数据的转化以及合并和图片的边缘处理,使得 GPS 路网数据和图片为之后的边界提取算法提供较好的数据输入。之后,根据 GPS 路网数据对卫星地图分块,使用 Hough 直线检测对每个分块区域进行直线检测,然后对每个区域检测得到的直线段进行合并、延长、增加以及删除,使每个区域内保留四条直线段,通过相邻区域边界的连接,就能使 GPS 路网和卫星图片较好的叠加对齐。该方法主要是为了提高 GPS 路网和卫星图片路网合成的效率和准确度,同时减少噪声对路网合成的影响。并且,该方法是自动化实现,提高了在实际应用中的效率。

参考文献:

- [1] 顾丹丹,汪西莉. 结合区域生长和 GVF—Snake 的遥感影像道路提取[J]. 计算机工程与应用,2010,46(31):202–205.
- [2] 李天庆,张毅,刘志,等. Snakes 模型综述[J]. 计算机工程,2005,31(9):1–3.
- [3] 丁美林,李光耀,张巧芳. Snakes 模型在卫星图片道路提取中的应用[J]. 计算机技术与发展,2010,20(1):71–73.
- [4] 王燕清,辛柯俊,陈德运,等. 基于启发式概率 Hough 变换

的道路边缘检测方法[J]. 计算机科学,2013,40(9):279–283.

- [5] 史晓鹏,何 为,韩力群. 采用 Hough 变换的道路边界检测算法[J]. 智能系统学报,2012,7(1):81–85.
- [6] 徐友春,王荣本,李克强,等. 一种基于直线模型的道路识别算法研究[J]. 中国图象图形学报,2004,9(7):858–864.
- [7] Péteri R, Celle J, Ranchin T. Detection and extraction of road networks from high resolution satellite images [C]//Proc of international conference on image processing. [s. l.]: [s. n.], 2003:301–304.
- [8] Wilkie D, Sewall J, Lin M C. Transforming GIS data into functional road models for large-scale traffic simulation[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2011, 18(6):890–901.
- [9] Perona P, Malik J. Scale-space and edge detection using anisotropic diffusion[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1990, 12(7):629–639.
- [10] 宋 莹,陈 科,林江莉,等. 基于图像分块的边缘检测算法[J]. 计算机工程,2010,36(14):196–197.
- [11] Canny J. A computational approach to edge detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, PAMI-8(6):679–698.
- [12] 黄锋华,刘琪芳,冀金凤. 基于 MATLAB 数字图像边缘检测算子的研究[J]. 机械工程与自动化,2011(4):48–50.
- [13] Hearn D, Baker M P. 计算机图形学[M]. 第 3 版. 北京:电子工业出版社,2010.
- [14] 滕今朝,邱 杰. 利用 Hough 变换实现直线的快速精确检测[J]. 中国图象图形学报,2008,13(2):234–237.

一种新的城市路网合成方法研究

作者：[李奇](#)，[宋万忠](#)，[LI Qi](#)，[SONG Wan-zhong](#)

作者单位：[四川大学 计算机学院，四川 成都 610064](#)；[四川大学 视觉合成图形图像技术国防重点学科实验室，四川 成都 610064](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015 (2)

引用本文格式：[李奇](#).[宋万忠](#).[LI Qi](#).[SONG Wan-zhong](#) [一种新的城市路网合成方法研究](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015 (2)