

基于高分辨率遥感影像的车道线提取研究

赵艳丽

山西省地质调查院有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i2.6568

[摘要] 作为城市自动驾驶领域不可缺少的基础设施，高精地图满足了智能交通在城市复杂环境下的定位需求。对于高精地图中道路车道线的获取，目前基于激光雷达与车载摄像数据的车道线提取方式都较为成熟，为了提高基于高分辨率遥感影像车道线提取效率、降低生产成本及数据处理复杂度，本文提出了一种基于高分辨率遥感影像的高精地图道路车道线提取方案。首先，对选择的影像数据进行影像正射纠正预处理。其次，采用阈值法的图像分割算法对道路车道线进行提取；最后，对二值图中的噪点进行滤波并矢量化提取到的车道线，实现道路车道线实线、虚线的准确提取。提取结果表明该方法可有效提高道路车道线提取效率，降低数据提取成本。

[关键词] 高精地图；车道线提取；高分辨率；遥感影像

Research on Lane Line Extraction Based on High Resolution Remote Sensing Images

Zhao Yanli

Shanxi Geological Survey Institute Co., Ltd. Taiyuan City, Shanxi Province 030000

[Abstract] As an indispensable infrastructure in the field of urban autonomous driving, high-precision maps meet the positioning needs of intelligent transportation in complex urban environments. For the acquisition of road lane lines in high-precision maps, the current lane line extraction methods based on LiDAR and vehicle mounted camera data are relatively mature. In order to improve the efficiency of lane line extraction based on high-resolution remote sensing images, reduce production costs and data processing complexity, this paper proposes a high-precision map road lane line extraction scheme based on high-resolution remote sensing images. Firstly, perform image orthorectified preprocessing on the selected image data. Secondly, the image segmentation algorithm using threshold method is used to extract road lane lines; Finally, filter the noise in the binary image and vectorize the extracted lane lines to achieve accurate extraction of solid and dashed road lane lines. The extraction results indicate that this method can effectively improve the efficiency of road lane extraction and reduce the cost of data extraction.

[Key words] high-precision maps; Lane line extraction; High resolution; Remote sensing images

1 引言

在自动驾驶领域，仅通过激光雷达、车载摄像等进行实时周围环境感知，存在着覆盖范围有限、受环境影响大等问题。将富含语义信息的高精地图作为自动驾驶的辅助对于道路无人驾驶的路径规划及定位具有重要作用。

近些年来，随着国内外航空遥感事业的不断发展，对于高分辨率遥感影像数据的获取也更为便捷。高分辨率遥感影像因具有高清、高精、覆盖范围广等显著优势，已经成为地理信息行业重要的数据源。基于高分辨率遥感影像的道路信息提取，制作高精地图的研究与应用也在不断推进。作为高精地图

中的重要组成部分，道路车道线一方面可辅助自动驾驶领域的定位；另一方面可构建道路网络中各种线的连接关系模型，众多学者也已开展了基于高分辨率遥感影像的道路车道线提取方法研究，曹云刚等提出将高分辨率遥感影像进行分割生成小像元，进行道路车道线及道路信息的提取，该类方法影像数据提取效果较好；陈立福等提出将数学形态学处理方法与马尔可夫随机场分割方法相融合进行道路车道线等信息提取，取得了不错的效果；Shang 等人提出基于消失点的道路车道线提取方法。然而，上述方法适用于特征分明、信息量丰富的遥感影像道路车道线提取，对于特征相近的情况容易产生粘连现象。随

后的道路车道线提取方式逐渐形成了对图像进行预处理后以固定模型，借助边缘提取算子。针对基于高分辨率遥感影像数据的道路车道线提取，本文提出了设计方案并进行了实验研究。

2 车道线提取方法研究现状

近几年，基于卷积神经网络的深度学习算法在车载摄像图像的应用研究取得了较好的效果，通过低功耗 AI 芯片的支持，利用深度学习算法可以实现实时图像分析。

遥感影像分辨率的增加使得道路减速带、路面箭头、人行横道线、车道线在影像数据中清晰可见。如图 1 所示为目前分辨率约为 0.35m 的高分辨率遥感影像。



图 1 高分辨率遥感影像

Fig 1 High resolution remote sensing image

相比于车载摄像头采集的影像，遥感影像中的大部分目标都较小，因此基于遥感影像的深度学习图像分割识别算法还不适用，尚处于探索阶段。如将卷积神经网络应用于遥感影像识别中，网络中的池化层 (Pooling) 会导致信息量大大减少，增加识别难度。

然而，目前将遥感影像作为电子地图制作数据源的案例较多，例如通过影像中丰富的纹理信息对车道线进行提取。不过，人为地对车道线进行矢量化的工作量大，成本高。因此，基于遥感影像数据的车道线自动化提取方法研究具有重要意义。通过自动化提取得到大部分车道线信息，再辅以人工补充、调整与编辑，将会取得很好的应用结果。图 2 所示为人工提取与编辑的车道线。



图 2 人工提取与编辑车道线

Fig2 Manual extraction and editing of lane markings

3 基于遥感影像的车道线提取

在影像预处理阶段，针对影像采集镜头摇摆成像造成的影像畸变现象，需要对影像进行正射纠正；在车道线提取阶段，

使用阈值法进行图像分割提取车道线，并对提取结果进行噪声去除及矢量化；在数据检查阶段，综合参考车载雷达、车载摄像采集数据进行人机交互检查。本文的技术路线如图 3 所示。

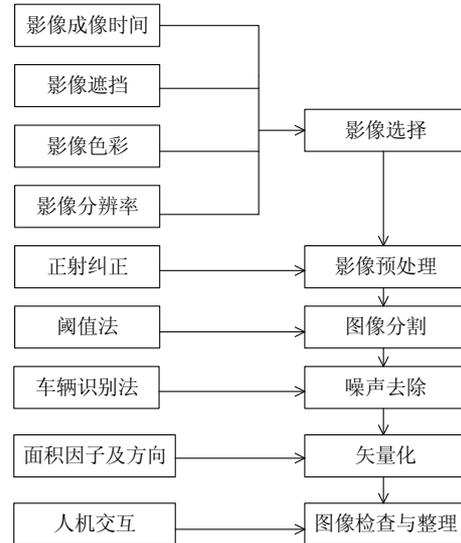


图 3 车道线提取技术路线

Fig 3 Lane Line Extraction Technology Route

3.1 影像选择

对于遥感影像的选择标准，主要有：

(1) 影像成像时间。不同时间的地面环境不同，对道路的遮挡情况也不一样，尽量选植被少的季节影像。

(2) 影像遮挡。目前大部分遥感影像属倾斜摄影类型，因此要选择倾斜角度小的影像，避免选择因楼房、数目等道路遮挡的影像。

(3) 影像色彩。同一地区影像受季节、天气等影响再不同时间段的清晰度、色彩等特征具有较大的差异，选择在天气良好采集的道路清晰影像。

(4) 影像分辨。一般来说影像的分辨率越高，能够获得更加清晰的道路信息。

因此，分辨率、摄影季节、摄影天气等需要满足一定的条件才可以进行影像数据采集。对于道路车道线提取来说，影像的清晰度、分辨率越好，提取的难度越低。如图 4 所示为影像质量较好的道路，道路部件如路灯等都清晰可见。



图 4 车道线、道路部件清晰可见的影像

Fig 4: Clear and visible images of lane markings and road components

3.2 影像预处理

高精地图对于道路路面信息如车道线的定位精度要求很高,因此,基于遥感影像的车道线提取前,需确保影像的精度符合要求,必须对影像进行纠正处理,得到高精度影像数据。如高精度激光扫描仪价格是精度相对较低的扫描仪的10倍以上,不同等级的惯性导航仪价格从几万到上百万。因此,在进行高精地图制作时,追求绝对精度提高的同时更要保障相对精度。

遥感影像在倾斜角较大以及地势起伏较大的情况下会产生一定的畸变。因此,需要对遥感影像进行正射纠正,正射纠正的过程中需要使用到的是地面控制点及DEM,因此地面控制点及DEM的质量是正射纠正的关键。

遥感影像正射纠正完成后,需要进一步对对比度及色彩进行调整。

3.3 图像分割

为了与周围地面产生明显的差异,道路车道线一般涂成白漆,因此在遥感影像上也表现为亮白色,基于此特征我们采用阈值法图像分割技术进行图像分割提取车道线。阈值法是利用图像中要提取的目标区域与其背景在灰度特性上的差异,把图像看作具有不同灰度级的两类区域(目标区域和背景区域)的组合,选取一个比较合理的阈值,以确定图像中每个像素点应该属于目标区域还是背景区域,从而产生相应的二值图像。针对不同的影像数据,需要微调阈值,以获取最佳效果。可通过Otsu算法进行最佳阈值的设置:

$$V(T) = \frac{(\bar{\mu} \cdot \omega(T) - \mu(T))^2}{\omega(T) \cdot \mu(T)} \quad (1)$$

式中 $\omega(T) = \sum_{i=0}^T p_i$, $\mu(T) = \sum_{i=T+1}^{255} p_i$, $\bar{\mu} = \sum_{i=0}^{255} i \cdot p_i$ 。其中

p_i 表示灰度值为*i*的像素概率值。

3.4 噪声去除

遥感影像分割完成后,对影像进行转换生成二值图,但是对于一些颜色比较亮的要素如车辆、空地等,研究如何将此类要素去除是进行下一步处理的关键。对于道路以外的建筑物等噪声,传统导航地图可利用已有的道路边线、道路中心线等信息进行排除,如通过车道边线构建闭合区域或通过道路中心线构建缓冲区域排除噪声,如图5所示为道路车道线提取过程。

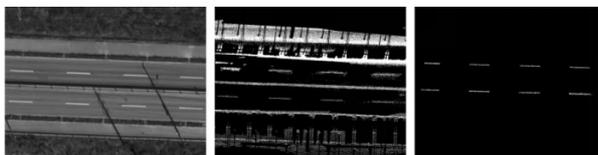


图5 基于高分辨率遥感影像的车道线提取

Fig 5 Lane extraction based on high-resolution remote sensing images

3.5 矢量化

基于遥感影像提取的车道线,有连续的车道线实线,也有断续的车道线虚线,不同线型的面积差异较大。对于不同类型的车道线,可基于面积因子及方向进行提取,提取到的车道线信息既可以使用栅格形式进行存储,也可使用矢量形式进行存

储。栅格数据的矢量化首先是去除线性栅格特征的边缘像素,在不破坏线的连通性基础上,保留一组像素,仍可以表示线特征;其次在细化基础上定义矢量线的结点位置和矢量线衰,这个过程中经常产生冗余内点;最后删除一些点和线,简化矢量化结果。

3.6 数据检查

以人工交互的方式完成提取车道线数据的检查,可将激光雷达、车载摄像数据作为参考数据辅助人工检查,能够更加清晰直观地检查提取结果。

4 结语

作为一种无人驾驶技术落地的催化剂,高精地图在自动驾驶领域具有重要的作用,通过自动驾驶控制系统可将高精地图作为自动驾驶的先验知识。考虑高分辨率遥感影像信息丰富、分辨率高及覆盖率大的优势;将高分辨率遥感影像作为制作高精地图重要的数据源。本文基于高分辨率遥感影像数据,提出了一整套道路车道线的提取方案,初步实现了车道线要素的快速、低成本的提取。下一步,将重点研究道路中长期受地面磨损、雨水冲刷导致的破碎与模糊影像的车道线提取,同时研究解决在遥感影像车道线提取过程中出现的过曝光问题。随着车道线检测技术的不断发展及应用,势必会对基于高分辨率遥感影像的车道线提取带来更好、更精细的提取效果。

[参考文献]

- [1]刘冬,刘涛,陈春莹等.遥感影像自动解译软件对比分析及研究[J].测绘与空间地理信息,2022,45(S1):103-106.
- [2]刘作禹.基于深度学习的高分遥感影像城市道路提取算法研究[D].西南科技大学,2022.
- [3]侯丹丹.基于遥感影像的人工辅助道路信息解译研究[J].陕西水利,2018(S1):195-196.
- [4]郑江,骆剑承,陈秋晓等.遥感影像理解智能化系统与模型集成方法[J].地球信息科学.2003(01):95-102.
- [5]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(03):257-262.
- [6]席学强,王润生.一个针对遥感图像特定目标的自动识别系统[J].遥感技术与应用.2000(03):179-183.
- [7]刘冬,刘涛,陈春莹等.遥感影像自动解译软件对比分析及研究[J].测绘与空间地理信息,2022,45(S1):103-106.
- [8]李美霖,马莉.基于空间遥感影像的居民地自动解译[J].测绘与空间地理信息,2022,45(01):167-170+174.
- [9]谢杭,李振东,陈波等.遥感影像自动解译技术研究[J].工程技术研究,2021,6(14):62-63.
- [10]刘清,吴文魁,张斌才.遥感影像自动解译与变化检测方法研究与应用[J].测绘与空间地理信息,2020,43(12):122-125+129.

作者简介:赵艳丽(1990~),女,山西稷山人,大学本科学历,测绘工程师,现主要从事摄影测量与遥感方面的工作。