

城乡建设中的 现代测绘高新技术 研究与应用

——重庆市测绘学会第四届优秀论文评选获奖论文
暨2007—2009年度学术交流会论文选编

重庆市测绘学会 编

CHENGXIANG JIANSHEZHONG DE
XIANDAI CEHUI GAOXIN JISHU YANJIU YU YINGYONG



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

城乡建设中的现代测绘高新技术研究与应用

——重庆市测绘学会第四届优秀论文评选获奖论文
暨 2007—2009 年度学术交流会论文选编

重庆市测绘学会 编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

城乡建设中的现代测绘高新技术研究与应用. 重庆市
测绘学会第四届优秀论文评选获奖论文暨 2007—2009 年度
学术交流会论文选编 / 重庆市测绘学会编. —成都:
西南交通大学出版社, 2010.12

ISBN 978-7-5643-0957-2

I. ①城… II. ①重… III. ①测绘学—应用—城乡建
设—中国—文集 IV. ①P2-53②F299.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 225162 号

城乡建设中的现代测绘高新技术研究与应用
——重庆市测绘学会第四届优秀论文评选获奖论文
暨 2007—2009 年度学术交流会论文选编

重庆市测绘学会 编

*

责任编辑 万 方
特邀编辑 张宝珠 王海云
封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

成都蓉军广告印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 12.25

字数: 306 千字

2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5643-0957-2

定价: 32.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

目 录

重庆市测绘学会第四届优秀论文评选获奖论文

机载 LiDAR 技术及其在森林资源调查中的应用	刘 星 唐菲菲 阮志敏	3
基于 GPS 与 GIS 的公共车辆监控调度关键技术研究	王 斌	9
微型移动应急平台——“应急通”的技术研究	徐文卓 邓仕虎	15
城市大气监测地理信息系统建设	胡 杰 李 菲 张 勇	22
基于 FME 的空间数据库更新技术研究	张红文 瞿晓雯 张 斌	26
公众地图服务中多尺度空间数据变换原理与方法	杨英伟 邓剑峰 袁 轶	31
推动地理空间信息应用, 服务公共安全——警用地理信息系统建设探索	薛 梅	38
浅论 GIS-T 模型与最短路径算法	白轶多 梁建国	46
地面三维激光扫描技术在高层建筑变形监测中的应用 ——以重庆世贸大厦为例	刘 洁 李仁忠	51
基于 DXF 格式的 AutoCAD 地形图平面坐标转换程序的开发与应用	曾传俊 胡 海 刘 科 熊 旭 徐景超	56
地下管线探测中极小值测深的数学推导及外业实现	周志军 谢征海 滕德贵	62
地震前后控制点稳定性研究方法探讨	王明权	66

重庆市测绘学会 2007—2009 年学术论文集

基于 Lidar 技术的电力巡线研究与实现	周 卿 左志进	75
低空遥感技术在“畅通重庆”规划中的应用研究	何 宗 张治清 胡 艳	79
低空遥感技术在建设用地执法检查中的应用 ——以重庆市武隆仙女山镇为例	喻劲松 何 宗	86
城乡规划综合现状信息平台构建与应用	赵翔宇 李 莉	91

基于 ArcGIS 的综合数据管理信息系统设计与实现	李爱迪	97
关于建立国土资源多尺度空间数据库的探讨	汪 陵	103
基于 WebGIS 的重庆地籍管理系统图形数据变更机制探讨	包义超	107
三维数字城市构建技术	阎凤霞 张明灯	112
利用 Geoway 建立西部测图工程 1 : 50 000 比例尺 DLG 数据库	王 蓉	117
西部测图工程内业 DLG 生产的过程控制	裴光菊	121
基于 ObjectARX 实现 AutoCAD 图形变换	刘 科 孔庆勇 杨洪黔	125
施工放样点偏离设计轴线值的测定	张伟富 刘文谷 冯 晓	130
数字地形图坐标变换的探讨	杨本廷	136
几种 GPS 高程拟合模型的应用对比	岳仁宾 周志军	140
合川区 GPS D 级控制网的建立	孔庆勇 刘 科 杨洪黔	145
GPS 在带状控制测量应用中一些相关问题的探讨	闻洪峰 戴隆华	149
城市地下管线探测各阶段工作重点探讨	肖兴国 顾苏琴	154
浅谈项目管理	邱 婵	158
《长江上游航行参考图》的设计与编制	刘 军 颜 宇 和世开	162
关于重庆市主城区土地利用政策的建议	黄 薇 胡渝清	167
重庆市主城区土地利用变化驱动因素分析	黄 薇 胡渝清	172
加强房产测量质量监管 促进房产测量健康发展	万 理	179
重庆市测绘产品质量检查系统的设计与实现	韩维喆 高 翔 张红文	183
提高测量平差教学质量的几点体会	刘文谷	188

第一部分

重庆市测绘学会

第四届优秀论文评选获奖论文

机载 LiDAR 技术及其在森林资源调查中的应用

刘 星¹ 唐菲菲¹ 阮志敏²

¹重庆大学土木工程学院 重庆市沙坪坝区 400030

²重庆交通科研设计院勘察设计所 重庆市南岸区 400067

【摘 要】 机载 LiDAR 技术是近年来国际上发展十分迅速的主动式遥感量测技术,具有能够高效地直接获取被测物体的高精度空间三维信息的特性,这一特性对获取植被的空间结构,特别是探测植被高度具有其他方法无法比拟的优势。本文介绍机载 LiDAR 系统的数据采集原理,分析机载 LiDAR 数据的特性,对从机载 LiDAR 数据中提取森林地形和单株立木信息过程的数据处理流程进行探讨,对机载 LiDAR 在森林资源调查中的应用前景进行分析和展望。

【关键词】 LiDAR; 点云; 森林; 地形; 树高

森林是陆地上面积最大、分布最广、组成结构最复杂、物质资源最丰富的生态系统。森林资源调查是通过统计森林植被参数(如树高、蓄积量、材种出材量等)对森林数量和质量变化做出评价。就现有的森林资源调查方法来说,人工测量的方式虽然获取的数据精度较高,但是工作量大、工作周期长,资源数据更新速度慢,而且调查过程中可能对森林造成严重破坏;被动式遥感测量手段,即多光谱或高光谱遥感测量,其遥感影像数据容易受到被测目标阴影的影响,且无法穿透密集植被的上层结构^{[1][2]},故比较适用于获取森林植被的水平结构信息;干涉雷达(Interferometric synthetic aperture radar,简称 INSAR)可以提供全球范围的不同精度级别的植被的垂直结构信息,但是到目前为止,干涉雷达在这方面的应用还只能满足结构上同质的森林区域的植被信息获取需要^{[3][4]}。

20 世纪 70 年代,出现了一种新型的主动式遥感量测技术,即机载 LiDAR(Light Detection And Ranging)技术,又称机载激光扫描技术。机载 LiDAR 系统的硬件设施和数据后处理技术的日益成熟使得自动、高效的定量获取森林高度、生物量等参数的工作取得了突破性的进展。机载 LiDAR 技术是近年来发展起来的集激光、全球定位和惯性导航技术于一身的主动式遥感测量手段,该技术能够直接、快速地采集被测目标的空间三维信息,其数据采集过程实现全天候(基本不受天气状况限制),逐渐被广泛应用于获取高分辨率数字地面模型、城市规划与建设、生态环境的评估与保护等领域。对于森林地区而言,机载 LiDAR 数据采集技术不仅能够穿过植被枝叶的缝隙到达地表,使得获取密集植被覆盖下的地表信息成为可能,而且该数据采集过程中记录的多次回波信息是区分植被与地面及其他地物的重要特征,能为我们提供植被的垂直结构信息。

本文首先介绍机载 LiDAR 系统的数据采集原理, 然后对从机载 LiDAR 数据中提取森林地形和植被信息的关键技术进行论述, 最后对机载 LiDAR 用于森林资源调查的应用前景进行分析。

1 机载 LiDAR 系统的数据采集

机载 LiDAR 系统数据的获取方式, 简单地说, 就是通过测距、测角进行脚点的定位^[5] (见图 1)。

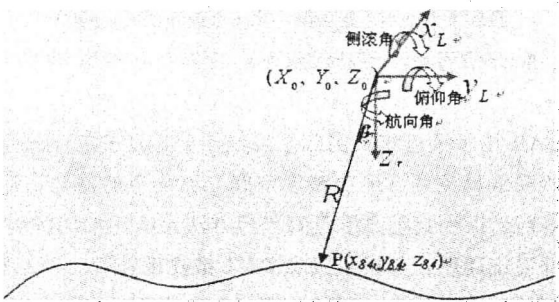


图 1 机载 LiDAR 系统几何定位方式示意图

机载 LiDAR 系统主要由激光测距仪、INS、GPS、实时监测与数据记录设备、数据处理软件组成。机载激光扫描数据的采集也主要依靠这几部分共同协作来完成。激光雷达的测距方式分为相位式测距和脉冲式测距, 前者通过测量被调制的激光从发射到接收间隔内相位的变化, 即由相位变化计算所测距离; 后者通过测量激光从发射到接收之间往返的时间 (t) 计算被测目标的斜距 (R)。同时, INS 利用陀螺仪和加速度计这两类惯性导航传感器直接测定飞机在飞行时的空间姿态参数 (俯仰角、侧滚角和航向角)、速度和位置等导航参数; GPS 则确定扫描装置投影中心的空间位置, 实时计算导航数据所需的数据和系统状态, 提供飞机精确的位置信息。最后, INS 测得的姿态信息、GPS 测得的飞行轨迹信息和激光测距仪测得的斜距信息被传输到控制整个系统协调运作的控制 and 数据处理单元经过一系列的坐标系转换, 计算出被测目标的三维空间坐标。

2 从机载 LiDAR 数据中提取林区地形和植被参数

目前的机载 LiDAR 系统可同时采集激光雷达三维点云数据、多次回波信息、回波强度信息和高分辨率航空影像, 少数厂家生产的机载激光雷达系统还可提供数字全波形数据。机载激光雷达系统采集得到的这些数据各有其含义和特性。

(1) 离散三维点云数据直接反应被测目标的三维空间点位信息 (见图 2)。

(2) 机载 LiDAR 系统记录的回波信息包括单次回波和多次回

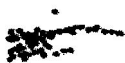


图 2 植被激光脚点实例, 包含有植被点和地面点

波,二者的区别在于对于同一束激光脉冲是否发生多次反射。对于脉冲式机载 LiDAR 系统而言,当激光扫描仪发射的激光脉冲接触到被测目标时,部分脉冲能量的反射信号会被系统接收并记录,而剩余的脉冲能量继续传播,再遇到另一目标或原被测目标的另一部分时又再次发生反射,直至能量消耗殆尽。如此发生的多次反射使得机载激光扫描系统接收到多个反射信号即多次回波信息(见图 3)。多次回波信息是区分植被与地表及其他地物的重要特征,为我们提供植被的垂直结构信息。



图 3 多回波示意图

(3) 激光回波信息的强度反映被测目标对激光脉冲的反射特性,但是由于强度的标定存在极大的不稳定性,将这一信息作为地物分类的判断依据之一还需要更深入的研究。

(4) 高分辨率航空影像可提供精确的植被水平结构信息。

(5) 数字全波形数据比激光点云数据包含了更为丰富被测目标的结构信息,能够获得更精确的测距信息,但在信息量丰富的同时,噪声也伴随其中(其噪声含量最多时可以达到信息总量的 35%),大量的噪声对于波形数据的应用来说仍然是一个挑战。

基于上述对机载 LiDAR 数据的分析,本文主要探讨从机载 LiDAR 点云数据中提取森林地形和植被参数的关键技术。从机载 LiDAR 数据中获取特征信息主要依靠数据后处理技术,通常来说,机载 LiDAR 数据后处理流程包括粗差剔除、数据滤波和信息提取三个步骤。

对于森林资源调查的应用来说,其数据后处理流程主要包括粗差剔除、数据滤波、获取树高模型、单株树分离、植被参数提取五个步骤。下面就对这五个步骤分别展开论述。

2.1 粗差剔除

在机载 LiDAR 系统采集数据的过程中,由于误将鸟类等低飞物体当做被测目标记录,或是受到多路径误差或激光测距仪的测距误差影响,有可能导致机载 LiDAR 数据中出现不属于测区内任一被测目标的异常激光脚点,即粗差(见图 4)。粗差的存在对于后期的数据滤波会产生较大的负面影响,因此,粗差剔除是机载 LiDAR 数据后处理过程中必要的准备工作。

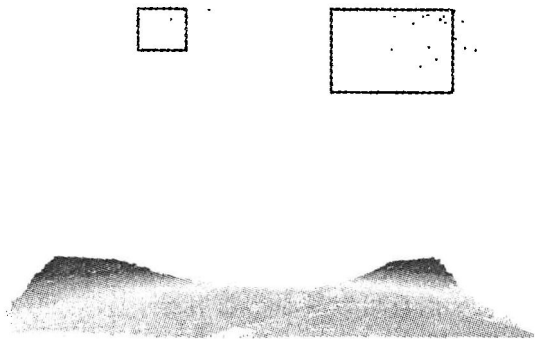


图 4 粗差实例,方框内标注的点即为粗差

剔除粗差的关键在于总结出粗差与周围激光脚点的差异,比如高程差异,或是划定一定范围,比较激光点的数量差异,然后根据这些差异对粗差进行定位并剔除。

2.2 数据滤波

原始的激光点云数据主要由粗差、地面点和地物点三类激光脚点组成。从机载 LiDAR 数据中提取数字地面模型首先要进行粗差剔除,然后从激光点云数据中分离地面点和地物点,即机载 LiDAR 数据的滤波(见图 5)。

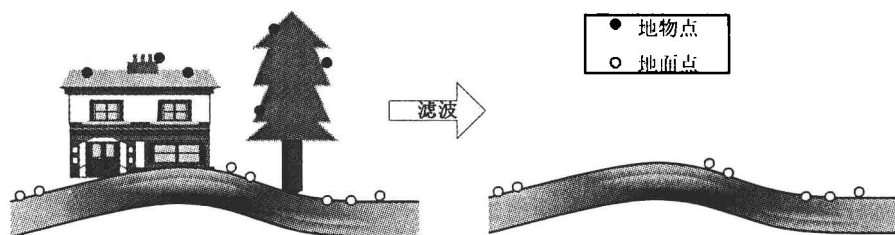


图 5 机载 LiDAR 数据滤波处理示意图

机载 LiDAR 数据滤波一般是依靠激光脚点本身的高程信息和与邻域激光脚点的空间关系,通过假设地物点的高程值与其周围的地面点的高程值之间发生的突变作为区分地物点和地面点的滤波准则。

2.3 获取 DTHM

DTHM (digital tree height model, 树高模型)是分离单株树并提取植被参数的基础,利用 DCM (digital crown model, 数字冠层模型)与 DTM (digital terrain model, 数字地面模型)相减可以获得树高模型,如图 6 所示。

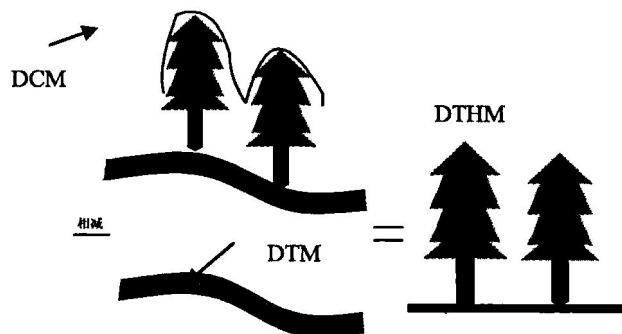


图 6 获取 DTHM 过程示意图

获取 DTHM 的基本要素是 DCM 和 DTM,一般有两种方法:一种是从原始的激光点云数据中分离出植被的冠顶点和地面点,二者分别代表 DCM 和 DTM 进行计算;另一种是利用多回波特性,只使用首次回波完成 DTHM 的提取。Juha Hyypä 等人指出,对于某些地区,如北半球北部地区的森林以松杉柏科植物为主,仅使用首次回波就已经可以提供生成 DTHM 所需的信息了,而且可以减少数据冗余;如果同时使用首次回波和末次回波对提高 DTHM 的精确度会有所帮助 (Juha Hyypä et al. 2001; J. Pitkänen et al. 2004; Xiaowei Yu et al. 2005)。

2.4 单株树分离并提取特征信息

单株树的分离即单株树的识别,首先要确定单株树的位置。单株树的位置一般用单株树的高程最大值所在的位置来表示,而树高也是对应着该点在 DTHM 中的高程值。在树高模型 DTHM 上确定单株树的位置可以利用图像处理方法中的局部最大值搜索算法来实现。

确定了单株树位置后便可以开始辨识单株树的工作。分离单株树的主要任务是描绘单株树的树冠边缘。利用机载 LiDAR 点云数据分离单株树通常借助的处理手段是将得到的 DTHM 中的基本激光脚点插值成灰度影像,将高程值转换为像素的灰度值,利用图像分割技术得到识别森林中每棵独立的树占据的区域,然后对该区域的边缘进行标示,即得到单株树的树冠边缘作为单株树之间的分界标志。

成功分离单株树的过程中,我们可以得到最基本的植被参数:树高、树冠直径和树冠面积,通过这些参数,又可以计算得到其他所需要的植被参数和对森林垂直结构进行分析。

3 机载 LiDAR 技术在森林资源调查中的应用潜力和局限性

3.1 机载 LiDAR 在森林资源调查中的应用潜力

机载 LiDAR 技术是一项发展前景巨大、可服务于多个领域的新型测量系统,它的出现为获取高时空分辨率的空间信息提供了一种全新的技术手段。对于森林资源调查领域的应用来说,机载 LiDAR 技术的优势在于能够直接测量植被的高度,获取森林的垂直结构信息,弥补了其他遥感手段的不足。机载 LiDAR 数据与其他遥感数据的融合可以提供更准确、更全面的森林参数估计,并将有利于发展完全基于遥感手段的定量遥感技术。

3.2 机载 LiDAR 在森林资源调查中的局限性

尽管机载 LiDAR 在获取林区地形和植被信息上取得了成功,但目前这一技术的应用仍然存在一定的局限性,主要表现为理论体系的系统性、数据资源和数据处理软件的缺乏,费用相对于其他遥感手段较高。

另外,对于机载 LiDAR 这种小光斑系统来说,由于是离散采样,往往会错失树顶的采样而低估树高。为了弥补这一缺点,需要增大采样密度,降低飞行高度,同时会导致大范围的应用所需费用增大。

LiDAR 技术的林业应用是一门新的交叉学科,涵盖了遥感、测量、信号处理和林学中的多个分支学科。如何充分发挥这一高新技术的优势和作用,还取决于相关学科的发展和协作。

参考文献

- [1] J. Hyypä, H. Hyypä, M. Inkinen, & M. Engdahl (1998). Verification of the potential of various remote sensing devices for forest inventory. Proceedings of IEEE geosciences and remote sensing society: 1812-1814.

- [2] Pu, R.L. & Gong, P. (2004) . Wavelet transform applied to EO-1 hyperspectral data for forest LAI and crown closure mapping. *Remote Sensing of Environment*, 91 (2): 212-224.
- [3] Treuhaft, R.N., & Cloude, S.R. (1999) . The structure of oriented vegetation from polarimetric interferometry. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 37 (5): 2620-2624.
- [4] Treuhaft, R.N., & Siqueira, P.R. (2000) . Vertical structure of vegetated land surfaces from interferometric and polarimetric radar. *Radio Science*, 35 (1): 141-177.
- [5] 张小红. 机载激光雷达测量技术理论与方法. 武汉: 武汉大学出版社, 2007.

基于 GPS 与 GIS 的公共车辆 监控调度关键技术研究

王 斌

重庆市地理信息中心 重庆市北部新区 401121

【摘 要】 针对公共交通管理信息化的需求,本文探讨了 GPS 与 GIS 技术在公共车辆调度管理中的重要作用,研究了利用二者进行公共车辆监控调度的关键技术,提出了基于重庆市公众地理信息平台与连续运行卫星定位服务系统设计公共车辆监控调度系统的总体结构,并在重庆市应急平台中得到了应用,证明该技术行之有效。

【关键词】 GPS; GIS; 公共车辆; 监控; 调度; 关键技术

1 引 言

随着城市化进程的加快与车辆的迅速增长,城市的交通压力越来越大。从国内外的实践经验来看,光靠修路筑桥已经不能圆满解决交通拥堵等问题,而利用现代信息技术来提升城市的交通管理水平,提高交通效率,才是当务之急。

对于城市来说,公共交通具有极其重要的地位,也是交通管理信息化的要害。因此,有必要研究公共车辆的监控、调度以及管理技术,提高运营与管理效率,对于缓解城市交通压力将产生巨大的作用。

重庆是山城,地形复杂,道路窄,弯道多,交通基础设施建设的压力一直很大,因此,更加不能过多的依靠增加道路建设的方式来改善交通状况,而应加大交通信息化的投入,利用先进的技术来进行良好的监测、诱导与管理,提高交通系统的效率与管理水平。

2 GPS 与 GIS 在公共车辆调度中的作用

20 世纪 90 年代以来,国际上将空间信息技术逐步应用于城市交通的动态监测和管理,建设了许多智能交通系统,对改善城市交通状况发挥了重要作用。其中, GPS 与 GIS 是空间信息技术的核心内容之一,也是空间信息技术应用于智能交通领域的主要力量。

GPS (Global Positioning System) 定位技术可提供实时的三维位置坐标和高精度的时间信息,具有精度高、速度快、成本低的显著优点,因而已成为交通领域应用范围最广、实用性最强的定位技术。

GIS (Geographic Information System) 能够有效地对地理空间数据进行采集、存储、检

索、建模、分析和输出,是一种综合性的技术系统。交通信息与地理位置密切相关,利用 GIS 技术搭建智能交通管理系统的空间信息平台,不仅能够使交通信息具有空间上直观明了的展示手段,还能为这些信息的深层次挖掘、分析、服务以及辅助决策提供基于空间特性的支撑。

3 公共车辆监控调度之关键技术

3.1 卫星定位技术

卫星定位系统提供了精确的空间定位、导航、授时等服务,在军事、民用领域都产生了巨大的效益。目前,全球的卫星定位系统主要有美国的 GPS 系统、俄罗斯的 GLONASS 系统、中国的 COMPASS(北斗)系统以及欧盟的 GALILEO 系统。

(1) GLONASS 系统。GLONASS 系统是前苏联国防部于 20 世纪 80 年代初开始建设的全球卫星导航系统,其卫星的设计寿命只有 3 年,因此维护成本比较高。到 20 世纪 90 年代后期,还在工作的卫星数量下降到不足 10 颗,近乎瘫痪。后来,俄罗斯政府为了恢复 GLONASS 系统的正常运作,开始对其进行改造,修复后的系统更名为 GLONASS-M。

(2) GALILEO(伽利略)系统。GALILEO 系统是欧空局与欧盟在 1999 年合作启动开发的,中国参与到其中。该系统民用信号精度最高可达 1m。但在该计划启动几年后,因为一些原因严重阻碍了系统的开发进度,目前尚未进入实用阶段。

(3) COMPASS(北斗)系统。北斗卫星导航定位系统是中国自主研制的,它包含运行在地球静止轨道、倾斜同步轨道和中高轨道这三种不同轨道上的卫星。按照规划,这个系统将分两步来进行建设:第一步就是在 2011 年建成一个覆盖中国及周边地区的区域导航定位系统;第二步,到 2020 年将形成具有三十几颗卫星的覆盖全球的导航系统,届时中国将摆脱对美国 GPS 系统的依赖。

(4) GPS 系统。GPS 系统是世界上第一个成熟、可供全民使用的全球卫星定位导航系统,应用范围极其广泛,在我国拥有相当大的市场。

由于现今俄罗斯 GLONASS 系统在轨卫星数量不足,欧洲 GALILEO 进度缓慢,中国的 COMPASS 还在发展过程中,因此,在相当长一段时间内,美国的 GPS 系统仍将在全球卫星定位导航系统中处于垄断地位。

3.2 道路数据模型

良好的道路数据模型对于交通管理与车辆监控调度是非常重要的。因此,必须利用 GIS 技术,进行路网基础数据的建设、存储、管理,并在此基础上完成道路数据模型的分析 and 设计。

道路数据模型要具有拓扑关系准确、处理效率高、占用存储空间小、属性数据齐全等优点,才能满足各种网络分析和车辆调度、导航的需求。经过分析发现,基于车道的几何网络矢量数据模型是一种组织合理、综合性能较好的道路数据模型,比较适合于车辆导航与调度。

3.3 可视化

在车辆调度系统中,可视化对于监控、管理、诱导、决策等活动都是非常重要的。结合 GIS 技术,研制二维、三维的交通电子地图,进行静态、动态的模拟展示,可以充分将交通

路线及周围环境以视觉和听觉感受的方式传输给用户,成为调度系统与用户交互的重要媒介。

3.4 车辆调度模型与算法

车辆导航、调度涉及诸多的算法模型,比如路径规划、地图匹配等,这些算法的优劣对导航调度的效果将产生重要影响。目前,关于路径规划、地图匹配等已经有比较多的算法,其中一些已经比较成熟。本文主要以公共车辆的调度为研究对象,探讨堵点监测模型及算法,其流程如图1所示。

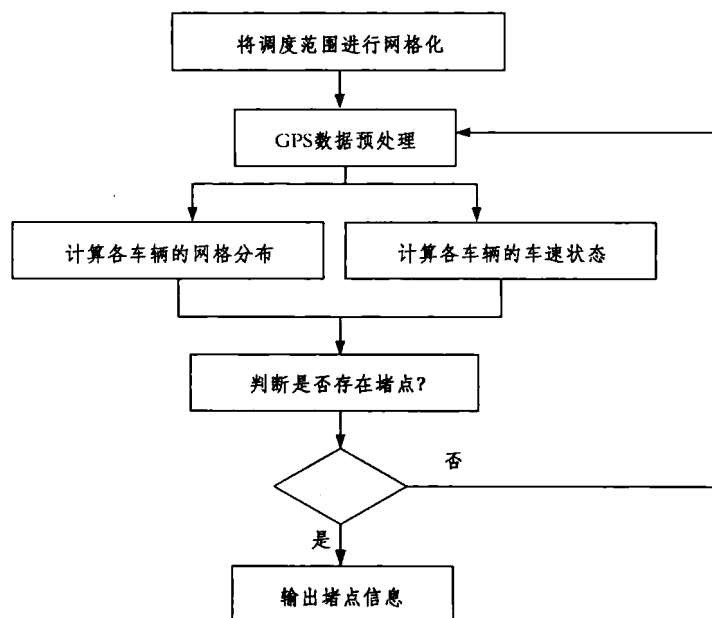


图1 堵点监测模型处理流程

3.4.1 将调度范围进行网格化

首先,将监控与调度的地域范围进行网格化,即把地域范围划分为大小适中的规则的网格单元,为后续的计算打下基础。

3.4.2 进行 GPS 数据预处理

由于 GPS 数据具有轨道误差、卫星钟差、折射误差、观测误差等误差因素,因此,接收到的 GPS 数据会含有一些不合理的数据,比如 GPS 点发生漂移、转圈、跳跃等。这些误差数据会对车辆位置和道路车速的统计有着很大的影响,必须进行预处理,即过滤掉误差点。

3.4.3 计算各车辆的网格分布

正常情况下,公共车辆的分布状态是均匀散布的。如果某时刻车辆的分布呈现出局部集中的现象,那么发生拥堵的几率就会很大。因此,通过网格离散化,可对车辆的分布状态进行计算。

车辆网格分布的计算按照以下公式进行:

$$Q_i = \sum k \cdot 1 \quad \begin{cases} k=1, & k \in A \\ k=0, & k \notin A \end{cases}$$

式中： i 表示第 i 个网格单元； Q_i 为第 i 个网格单元的公共车辆数目； k 为加权系数； A 为该网格单元。

3.4.4 计算各车辆的车速状态

发生拥堵时，往往伴随着一种现象：一定数据以上的车辆处于极低速或者停止状态。因此，动态地计算车辆的车速状态对于监测堵点信息来说是非常有价值的。

有些 GPS 设备提供了车速输出，如果精度够用，就可以直接采用。如果没有提供车速，或者精度不够，也可以自己计算瞬时车速。

先计算相邻两个点的距离：

$$L = \arccos[\cos(lat_1) \cdot \cos(lat_2) \cdot \cos(lon_1 - lon_2) + \sin(lat_1) \cdot \sin(lat_2)] \cdot R$$

式中： lon_1 ， lat_1 为前一点的经度、纬度； lon_2 ， lat_2 为第 2 点的经度、纬度； R 为地球半径； L 为计算出来的两点之间的距离。

再计算瞬时车速：

$$v = L / (t_2 - t_1)$$

式中： t_1 为前一点的时刻； t_2 为后一点的时刻； v 为该时刻的瞬时车速（即微分车速）。

连续计算各车辆的瞬时车速：如果在一段时间内，有一定数量的车的速度保持在一个很低的水平（或者很接近 0），那么继续分析这段时间内速度异常的车辆的分布位置，再结合此刻的网格分布计算结果，可以得到堵点的地理位置。

3.4.5 输出堵点信息

得到堵点位置之后，对该位置的电子地图进行切片，并通过反地理编码得到位置描述，然后根据用户类型提供相应形式的服务，比如将地图图片和位置描述等堵点信息通过 GPRS 发送到各车载终端，诱导车辆分流。

3.5 无线通信链路

无线通信链路是车辆调度系统的主要组成部分，是监控中心与公共车辆终端进行信息交流的桥梁。无线通信链路能够实现监控调度中心与车载终端之间的双向数据传输，可以接收处理 GPS 定位信息并发送到监控中心，也可以将监控中心的调度指令发送给各车载终端，以实现监控中心对车辆的动态监控与调度。

GPRS (General Packet Radio Service) 是一种以 GSM 为基础的数据传输技术，是 GSM 的延续和提升。GPRS 具有高速数据传输、永远在线、按数据流量计费等优势，非常适用于车辆调度系统这种“一点对多点”的无线数据传输。

4 重庆市公共车辆调度系统总体结构设计

重庆市的地理条件决定了交通管理科技化与信息化将具有非常重要的意义。同时，重庆市建设智能交通系统也具有良好的条件，即已经具备了全市统一的公众地理信息平台，还有了覆盖一小时经济圈范围的连续运行卫星定位服务系统 (CORS 系统)。因此，本文提出了基