

基于“北斗一号”的地图匹配可行性与方法探讨

张之孔, 马怀武, 张海波
(68029 部队, 甘肃 兰州 730020)



摘要: 借鉴目前常用车辆导航系统中 GPS 实时信息在数字地图上的匹配算法和经验, 分析了我国“北斗一号”导航系统现状, 针对“北斗一号”导航系统定位特点以及道路复杂等因素而造成直接定位不准确的问题, 提出了基于“北斗一号”实时定位信息进行地图匹配的可行性, 并初步构想了地图匹配的算法, 从而提高导航监控的准确性。

关键词: 北斗一号; 车辆导航监控; 道路筛选; 匹配方法

中图分类号: P228.42

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2011) 04-0022-03

随着“北斗一号”导航系统的不断完善和成熟, “北斗一号”不仅只是提供用户所在位置的定位信息, 而已逐渐应用在车辆监控系统中。但是与目前非常成熟的 GPS 卫星监控系统相比, 利用“北斗一号”导航系统对车辆进行监控管理有很多缺点。由于受卫星数据误差、数据传输误差、北斗用户机的误差等影响, 定位精度会产生较大的偏差。另外, 在城市路段复杂的情况下, 往往会出现高楼或高架桥阻挡, 导致用户机卫星失锁, 定位数据产生漂移甚至粗差。这些问题使得定位的连续性和可靠性受到很大的影响, 导致在电子地图上不能准确显示车辆定位轨迹和运行状态, 很大程度上影响了车辆导航监控的直观性和可靠性^[3]。为了解决这些问题, 以地图匹配 (MM, map-matching) 算法在 GPS 车辆导航监控中的应用为参考, 研究适合“北斗一号”导航系统的地图匹配算法和方法, 来提高“北斗一号”车辆导航监控的精度和可靠性。本文分析了可能影响导航系统定位精度的误差源, 分析了地图匹配的可行性, 并提出了适合“北斗一号”导航系统的地图匹配方法以及算法流程。

1 “北斗一号”导航系统原理及存在的缺点

“北斗一号”导航系统由 3 颗地球同步卫星 (其中 1 颗为备份星)、位于北京的地面中心站、分布于全国的 20 多个标校站和大量用户机组成; 各部分之间由出站链路 (地面控制中心-卫星-用户机) 和入站链路 (用户机-卫星-地面控制中心) 相连接。系统的工作过程是: 首先由中心控制系统向卫星 I 和卫星 II 同时发送询问信号, 经卫星转发器向服务区内的用户广播。用户响应其中 1 颗卫星的询问信号, 并同时向 2 颗卫星发送响应信号, 经卫星转发回中心控制系统。中心控制系统接收并解调用户发来的信号, 然后根据用户的

申请服务内容进行相应的数据处理。

“北斗一号”系统具有导航定位、监控功能、指挥调度功能、求助报警等功能。“北斗一号”导航系统应用在车辆等载体的导航监控上有以下缺点:

- 1) 系统卫星数目少, 导致定位精度不高, 而且定位时要保证天线正南方开阔;
- 2) 定位频度 (定位时间间隔) 受限, 用户等级不同、定位时间间隔不同;
- 3) 与电子地图匹配不准确, 目前的“北斗一号”监控系统的电子地图大多只是显示车辆运行的大体位置, 如果定位信息出现飞点, 在电子地图上相应会出现很大偏差, 有时达到 100 km。

这些缺点都使得“北斗一号”导航监控不能准确反映车辆运行状态。

2 地图匹配的概念

地图匹配算法是指利用 GIS (Geographic Information System) 和“北斗一号”定位数据并通过一定的算法来做出最佳位置估计的技术。简单说, 就是利用电子地图中高精度的道路位置数据来修正定位系统所产生的误差, 以此来提高导航系统的定位精度, 从而产生良好的定位效果。地图匹配方法是借助于地理信息系统数据库存储的高精度道路数据来提高车载导航系统的定位精度, 使导航数据和道路数据相一致, 从而直接或间接地确定车辆的位置和行驶轨迹并校正定位的误差^[1-2]。地图匹配算法一方面充分考虑了车辆的定位轨迹与道路结构的相似性, 另一方面也充分利用了定位数据中有关车辆的实时信息 (如航向等)。算法中利用定位数据作为输入数据, 其中包括位置、速度、时间等, 有助于提高定位的准确性。地图匹配算法从原理上可以理解为 2 个独立的过程:

收稿日期: 2011-06-09

- 1) 找到车辆当前行驶的道路;
- 2) 将当前“北斗”定位点投影到车辆行驶的道路上。

寻找车辆当前行驶的道路是问题的关键,其基本思想是在车辆定位轨迹的邻近区域内搜索所有道路路线组合,把这些组合路线分别与北斗定位航迹求取匹配度量,将取得最大匹配度量值的组合路线作为车辆当前行驶路线。

3 “北斗一号”导航系统地图匹配方法和步骤

地图匹配应用到导航和监控中要有2个前提:

1) 用于匹配的数字地图包含高精度的道路位置坐标^[2],数字地图本身的误差在15m以内,由于我国目前使用大部分电子地图还是基于1954年北京坐标系,而“北斗一号”定位成果也是1954年北京坐标系下的坐标,因此不存在坐标转换方面的问题,常规1:10000地形图完全可以满足要求。

2) 安装有“北斗一号”接收机的车辆正在道路上行驶。当上述条件满足时,就可以把定位数据和车辆运行轨迹同数字地图所提供的道路位置信息相比较,通过适当的匹配过程确定车辆最可能的行驶路段以及车辆在该路段中的最大可能位置。

3.1 筛选区域的确定

筛选区域的确定是根据车辆定位信息对车辆所在位置确定一个相对简单的区域,在当前划定的区域内搜索所有道路路线的组合,把这些路线分别与“北斗一号”定位航迹求取匹配度量值,将取得的最大匹配度量的组合路线作为车辆当前行驶路线。当然,筛选区域的确定是制约算法快速性的关键因素,筛选区域选得过大增加计算量并造成多的误判;反之,筛选区选得过小可能在找不到车辆行驶的路线。大体的算法都是先以定位坐标为中心点,以事先设置的阈值为半径作圆,这个圆周就表示了当前点位所在的区域,一般与卫星的定位精度直接相关,比如GPS的单点定位精度是10m-15m,那么如果车辆导航采用GPS,就可以设置该阈值为 $10+\epsilon$ 或 $15+\epsilon$,此处 ϵ 表示其他各种影响因素的权重。由于“北斗一号”接收机的定位精度一般在50m-100m,因此可以设置该阈值为 $50+\epsilon$ 或 $100+\epsilon$,如图1所示,图中★表示当前定位点,包含时间、坐标等信息。如果在此基础上采用网格划分法则可以很好地兼顾道路筛选的可靠性与效率,实现匹配算法的快速性。

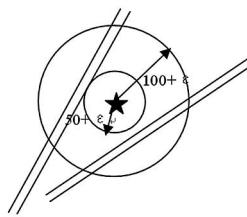


图1 筛选区域的选择

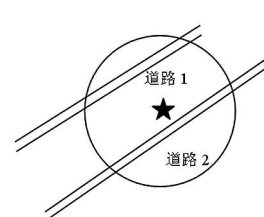


图2 并行道路

3.2 道路的选择

虽然在筛选区域内同时出现2条或以上的并行道路的情况并不多见,但在部分社区、环城公路等特殊区域还是有此种情况,如图2所示,这也与所设置的筛选区域有很大的关系,应根据实际路段情况进行分析选择,最好的方法就是计算点位到各路段的距离权重^[5,81],距离权重是与距离成反比的参考量,在此基础上还要考虑道路是否为并行高速、是否与上一行驶路段连通,最后取距离权重最大且与上一行驶路段连通的路段作为当前行驶的路线。当然最主要的就是提高“北斗一号”本身的定位精度,将筛选区域设置相对较小的阈值,就可有效避免这种情况,提高运算的快速性和准确性。

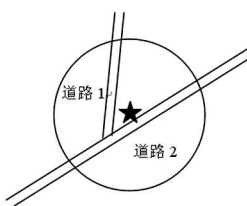


图3 有拐角道路

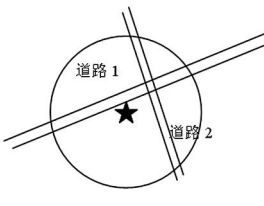


图4 交叉道路

筛选区内出现有拐角的路和交叉路段的情况比较常见,如图3、图4所示,这也是地图匹配算法研究的关键^[6],相对GPS而言,由于其定位坐标精度较高,而且定位均匀,算法相对比较简单^[7]。由于“北斗一号”定位精度不高,而且定位受频度的限制,常规使用的接收机频度都在30S-60S,对于高速行驶的车辆来说,往往存在定位点少,缺乏判断的依据,为了解决这个问题,引入航位推算的方法进行处理^[3]。航位推算的概念是利用车速传感器来实现车辆定位,定义为“从一个已知的坐标位置开始,根据载体在该点位的航向、速度和行进时间,推算下一时刻的坐标位置的导航过程”,原理如图5所示。计算公式为:

$$X_n = X_0 + \sum_{i=0}^{n-1} d_i \sin\theta_i \quad Y_n = Y_0 + \sum_{i=0}^{n-1} d_i \cos\theta_i$$

式中, (X_0, Y_0) 为车辆在初始0时刻的位置坐标; (X_n, Y_n) 为车辆在n时刻的位置坐标; d_i 和 θ_i 为从n-1时刻到n时刻的位移矢量变化和航向变化。虽然航位推算作为一种独立的推算方法误差随时间累积而变大,但

是在“北斗一号”导航系统中还是具有一定的可用性，能有效解决有拐角的道路和交叉道路的认识和正确匹配问题，同时可以准确判定当前车辆行进的方向。此外可以借助于规划路径的方式，根据目的地，设计算法规划出最优路径作为该情况下的道路筛选。

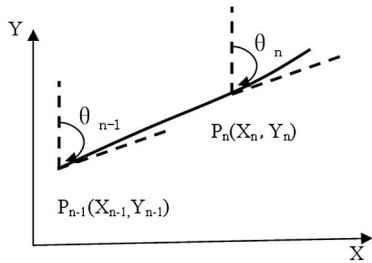


图 5 航位推算原理

3.3 信号中断和飞点的处理

由于“北斗一号”需要天线正南方开阔，同时能观测到双星才能正常定位，在城市中，定位往往受到高楼、高大植被等的影响，很大程度上会出现定不出坐标甚至出现错误定位信息的情况，在以往多次的实验中，出现过偏差达到 100 km 以上的错误定位信息，这就是所谓的“飞点”，这种错误信息如果用于地图匹配将是非常有害的，为了避免这种情况，可以对定位原始数据进行滤波处理，让当前点与上一点的距离不超过最大行进车速和定位频度的乘积作为判断该点坐标是否飞点^[5]。如果是，则剔除。对于短暂的信号中断，可以采用线性内插的方法在上一点位行进的道路按照车速均匀内插，直到下一次正常定位，同时对内插结果进行修正。

3.4 算法设计

算法流程示意图如图 6 所示，主要过程是：

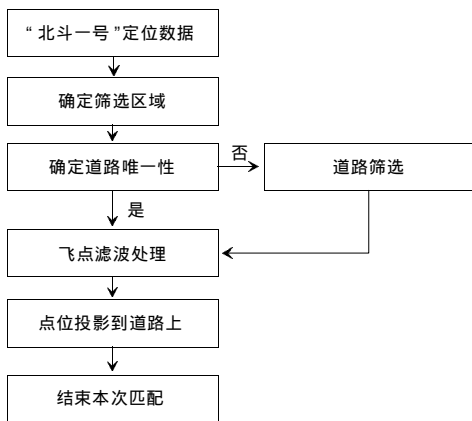


图 6 地图匹配算法流程

1) 接收“北斗一号”定位数据。从接收到的数据中读出定位点的经纬度、时间等信息。

2) 以当前点位为圆心，以一定距离为半径（50 m-100 m）做圆，确定筛选区域。将此区域内的所有道路作为待匹配道路，如果只有 1 条道路，则将该道路作为匹配道路，转到 4)，如果有多条道路，转到 3)。

3) 判断多条道路之间的关系，对并行道路、有拐角道路、交叉道路分别按照相应的筛选办法分析处理，判断出当前车辆行驶的路线。

4) 如果该点不是飞点，则将其映射到道路上，如果是飞点，需滤波处理^[4]。

5) 将可靠的定位点投影到匹配道路上。

6) 结束本次匹配。

4 结 语

随着“北斗一号”在执行多样化任务过程中发挥着越来越重要的作用，基于“北斗一号”的地图匹配功能急需挖掘和研究，本文根据系统本身的特点，对地图匹配中的关键问题和环节进行了探讨，提出了适合“北斗一号”车辆导航监控的地图匹配方法和建议，下一步将通过实验在匹配的算法上以及具体操作的过程上进行更深入的研究，并将其应用到现有的车辆监控管理系统中，发挥积极的作用。

参考文献

- [1] 曹洁,张慧宁.基于 GPS / DR 的地图匹配方法的研究与实现[J].计算机工程与设计,2008,29(18):4810-4812
- [2] 卢文涛,周银东,梅顺良,等.基于拓扑结构的地图匹配算法研究[J].测控技术,2010,26(6):73-76
- [3] 张维,王忠.改进的地图匹配算法研究[J].导航,2008(4):29-32
- [4] 马海波,李少杰,黄跃峰,等.车载导航系统的高精度定位算法[J].地理信息世界,2010(01):48-55
- [5] 华永平,刘砚一.车载定位系统中综合地图匹配算法研究[J].现代雷达,2010,32(3):53-56
- [6] 孙兵,武穆清,阎啸天.GPS 导航系统中电子地图处理及匹配算法研究[J].数字通信,2009,36(5):51-54
- [7] 李娟,高山.车辆定位的地图匹配算法研究[J].交通标准化,2009(9):161-164
- [8] 陈嘉,胡继华,张飞舟.面向车辆监控导航的地图匹配算法研究[J].北京大学学报:自然科学版,2009(2):299-305

第一作者简介：张之孔，工程师，主要从事大地测量和卫星导航工作。

Establishment of Standards System of Geospatial Data Exchange and Sharing Platform in Zhejiang by MAO Weihua

Abstract The paper analysed the motivation of establishment of the standard system, and the purpose and significance to establish the standards system of platform for Zhejiang Geospatial Data Exchange and Sharing. On this basis, built the principles of establishing standards system, and introduced the details of its contents.

Key words Platform on Geospatial Data Exchange and Sharing , standards system ,Geographic Information Sharing (Page:1)

Research on the Plug-in Design for Application Framework of GIS by .NET Reflection Technology by ZHONG Guangrui

Abstract The essay analyzed the basic principles of plug-in technology and the basic meaning and characteristics of plug-in GIS application framework. Thus, it put forward a solution based on .NET reflection technology and ArcGIS Engine, which addressed the issues of reuse, extension and expansion of GIS development project and achieved the fast applications of GIS. Taking the implementations of communication contracts as an example, the essay illustrated the development process of application framework.

Key words plug-in GIS, the application framework for GIS, reflection technology, ArcGIS engine, .Net (Page:4)

Research on Method and Technology of Modeling in Virtual City by WEI Xiang

Abstract With the development of virtual reality technology, virtual city that is an important component of digital city have obtained fast development. Based on the characteristics of modeling in virtual city, this paper discussed the fundamental theory and technology of 3D modeling, including modeling method , requirement of modeling and data organization, and then gave some detailed proposals and a feasible solution.

Key words virtual city ,digital city ,3D modeling (Page:8)

Development and Application of the Integrative System of Cross-section Measurement Based on PDA by KUANG Lianghan

Abstract The cross-section measurement is a usual measurement project carried out in water, electricity,transportation and other projects. Data collection, data processing, mapping and other manual work is tedious, while the Pocket PC is powerful, flexible and easy to use. In this paper, from the design idea of the work mode of integrated for filed and indoor work,it introduced the outside-data collection methods for PDA and other major functions and achieving means for inside-data processing and computer mapping.

Key words PDA ,cross-section measurement ,CAD ,integrated for filed and indoor work (Page:11)

Design and Implementation of Logistics Distribution System Based on SuperMap Objects Platform by ZHU Xiaofei

Abstract According to the characteristics of modern enterprise,combing with the basic theory and methods of GIS,considering the actual situation of urbans, a logistics distribution assistant system based on SuperMap Objects platform was designed and completed,which realized the basic operation function of electronic map ,setting up the traffic,and optimal route choice functions. Increase the probability of the optimal distribution scheme whether will be executed.

Key words GIS ,logistics , distribution system ,vehicle routing(Page:13)

Data Processing Technique of Final Survey for Common Pipe Trenches of in Guangzhou by FAN Huiping

Abstract Common pipe trench is get more and more of expansion application in Guangzhou in recent years, and it is very necessary to research the common pipe trench data information system.. This paper introduced the common pipe trench on Guangzhou University Town and Guangzhou Asian Games Town, its structure kinds, the pipeline distribute inside the trench ,layer design ,the topographic method, database design, made a stress on the technical processing for lately stereoscopic interchange com-

prehensive trench. It realized scientific management of Common pipe trench database.

Key words common pipe trench , final survey ,topographic processing , database design (Page:16)

Application of 3S Technology and Geographic Information in Planning Situation Analysis by JIN Xianfeng

Abstract 3S technology and geographic information could greatly promote and support the scientific development of urban rural planning. To resolve the problem that the relation of 3S technology and geographic information and urban rural planning is not close. This paper tried to discuss the systematically application of 3S technology and geographic information in planning situation analysis from the angles of implementation main body selection and procedure.

Key words situation analysis, urban rural planning, 3S technology, geographic information (Page:19)

The Feasibility and Way about Map-matching in Foundation of "Beidou I" by ZHANG Zhikong

Abstract This text made reference to the map-matching calculate way and experienced about the GPS in use of vehicle navigation system.Analyzed the present condition of "Beidou I", aimed at the Positioning traits, complicated road and other factors lead to rough result, got the feasibility in foundation of current positioning information came from Beidou I , and speculated the calculate way of map-matching, well raised the accuracy of navigation and supervision.

Key words Beidou I ,vehicle navigation and supervision ,road choose , matching way (Page:22)

Method of Feature Extraction from Lidar Data in Coastline and Tidal Flat by GUO Qingfeng

Abstract Coastline, tidal flat is a significant and sensitive region for perfecting China's geographical information database, rapid and accurate survey toward it and processing Lidar data effectively is the main survey work. This paper omnibearingly proposed separation methods of main planimetric feature in coastline and tidal flat area, from the Lidar points cloud data. Vegetation, soil and water-body would be extracted through integrating spectral information, laser reflection rate, return intensity, especially, the characteristic of double return signals introduced for the extraction of water-body points. These methods drew lessons from existing filtering and classifying algorithms, seek other approaches to solve problems from deficiency of existing algorithms. Typically, in water area boundary, it daringly presented determining water's border by computing interval between soil points (or vegetation points) and water-body points.

Key words coastline ,extraction ,classifying ,feature (Page:25)

Design and Implementation of 1:250 000 Regional Geological Maps Management System of WebGIS by HAO Ming

Abstract By the end of 2008, the 1: 250 000 regional geological survey of Qinghai-Tibet Plateau had completed the database work of more than 100 pieces of geological maps. Based on a domestic MapGIS7-IMS platform, this system had a secondary development, using B / S structure, compared with the previous geological software based on C / S mode, this one based on B / S structure was more convenient to be maintained and updated, and easier to be developed . Besides , it had strong share ability and low cost . It provided a good communication platform for the domestic and overseas geological experts on research of Qinghai-Tibet Plateau.

Key words 1:250 000 Spatial Databases , WebGIS ,ASP.NET ,JAVA SCRIPT (Page:28)

Neighborhood Granulation and Rough Approximation of GIS Grid Data by LIAO Weihua

Abstract GIS grid data can express continuous spatial phenomenon, each pixel's value of grid data has two types, that is continuous data and discrete data. This research aimed at continuous data space to study. It broke the former study that was based on the neighborhood of its own position, and it defined neighborhood from attribute value and distance formula. Different neighbor size could obtain different neighborhood for every