



山区航道定位数据特性分析及航迹融合纠偏^{*}

耿雄飞^{1,3}, 陈先桥², 周俊华¹, 李东升¹

(1. 交通运输部水运科学研究院, 北京 100088; 2. 武汉理工大学计算机学院, 湖北 武汉 430063;
3. 北京大学软件与微电子学院, 北京 100871)

摘要: 实现船舶精确定位及航行状态远程实时监控, 不仅对船舶的安全生产和任务执行情况做到实时跟踪、监管, 还可通过航行轨迹回放协助事故追责及为船舶本身提供安全导航与避碰服务。通过采集大量山区航道中船舶接收北斗、GPS 定位信息, 分析数据特征, 提取了速度、航向特征; 综合两种定位方法的优点, 提出了一套完整的信息融合方案, 实现北斗、GPS 定位信息的航迹融合纠偏。为内河山区航道船舶安全航行和监管通过了可靠的定位数据源。

关键词: 内河航道; 精确定位; 北斗; GPS; 信息融合

中图分类号: U 612. 26 文献标志码: A 文章编号: 1002-4972(2016)01-0158-04

Analysis of positioning data for mountainous waterway and fusion correction for navigation track

GENG Xiong-fei^{1,3}, CHEN Xian-qiao², ZHOU Jun-hua¹, LI Dong-sheng¹

(1. MOT Waterborne Transport Research Institute, Beijing 100088, China;
2. School of Computer Science and Technology, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China;
3. School of Software and Micro-electronics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: To realize vessel's accurate positioning and its real-time sailing monitoring, we can not only monitor and control timely ships' safe operation, but also are able to help determining the accident responsibility by track playback and provide safe navigation and collision avoidance service for the vessel itself. The characteristics of the data for BDS and GPS location information in mountainous waterway are analyzed, and features such as the speed and direction of the vessel are extracted. A complete set of information fusion scheme algorithm is proposed to correct some error data of GPS or BDS. The experiments show that a reliable data source of navigation in the inland mountainous waterway can be ensured by the methods proposed for safety supervision.

Keywords: inland waterway; accurate positioning; BDS; GPS; intelligence fusion

1 国内外研究概况

国外较成熟的卫星导航系统有美国的 GPS 系统、欧洲的 GALILEO 系统、俄罗斯的 GLONASS 系统, 目前国内应用较多的是美国的 GPS 系统、GPS 接收芯片和基于 GPS 系统的导航。20 世纪 60 年

代末期, 美国为满足美军以及商业公司、民事部门对导航的新要求, 启动了研制新卫星导航系统的计划^[1-2]。其核心内容是利用数十颗卫星在全球范围内组建一个定位网, 即全球定位系统 (GPS), 全称为导航卫星授时与测距全球定位系

收稿日期: 2015-10-18
^{*}基金项目: 国家科技支撑计划课题 (2014BAK12B06); 交通运输部信息化技术研究项目 (2013-364-356-100)
作者简介: 耿雄飞 (1982—), 男, 博士研究生, 高级工程师, 从事水上智能交通领域相关研究工作。

统 (navigation satellite timing and ranging global positioning system, NAVSTAR GPS)。

随着该技术的发展, GPS 已经应用到了人类活动的各个领域, 具有无可替代的价值和应用前景^[3-4]。对于船舶航行, GPS 可为水上交通管制、水下测量、海底资源勘探、海上渔猎、浮标灯塔建设、水底管道和电缆作业、海岛暗礁定位、轮船进出港领航等方面提供可靠的技术支持^[5-6]。对于航空领域、道路交通等, GPS 系统可为着陆、导航、空中加油、武器投掷及空中交通管制等提供服务。总之, GPS 的诞生为人类探索导航和定位技术翻开了新篇章。

北斗卫星导航系统是我国正在实施的、自主研发且独立运行的全球卫星导航系统。与其它全球定位系统相比, 北斗卫星导航系统虽然起步较晚, 但起点并不低。国家确立的系统建设目标是: 独立自主、技术先进、开放兼容、稳定可靠, 先覆盖亚太地区, 最终覆盖全球的定位导航系统^[7]。逐步形成相关产业链, 即建立一系列的北斗卫星导航系统的应用产业, 包括相应的推广、支撑和保障体系, 从而实现卫星导航产业对我国国防和经济建设巨大的促进作用。

北斗系统具有的特点和优势有: 1) 提供全球、全天候的导航定位服务; 2) 提供授时服务; 3) 提供短报文通信服务; 4) 具备一定的保密、抗干扰和抗摧毁能力。用户设备具备以下特点: 质量轻、体积小、功耗低, 可满足人体、车辆、舰船、飞机、卫星、导弹等各种载体需要^[8]。

随着我国北斗导航系统的不断发展, 现在也有越来越多的内河船舶导航开始使用北斗导航系统, 为了更好地结合使用两者的优点, 近年来国内有很多关于北斗/GPS 联合导航的研究, 并取得了很好的应用效果。

GPS 具有覆盖范围广、定位精度高、实时性强等优点; 北斗卫星导航系统拥有较高的可靠性和安全性, 并具有双向短报文通信功能。因此, GPS 系统和北斗导航系统组合的双模导航终端的研制, 能够提高卫星导航系统的应用水平, 满足

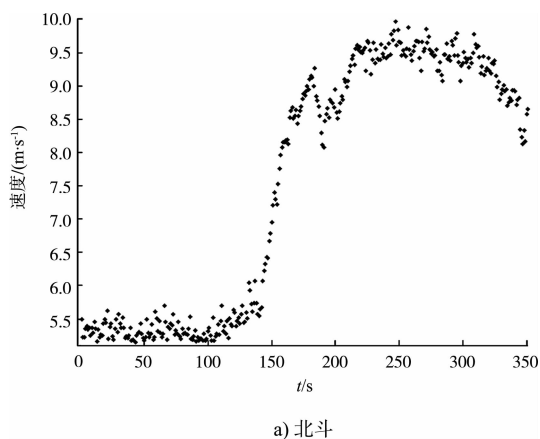
更高的定位导航服务要求。

2 内河山区航道北斗/GPS 数据特征分析

近几年来随着我国经济高速发展, 水上运输逐年增长。有效保障我国境外船舶货物财产安全和船上人员人身安全, 远程了解掌握航道船只的航运状况, 已是各级水上安全保障与航道部门十分重视的大事。但是内河航道, 尤其是山区航道, 地形复杂, 采集到的数据会有大量的干扰。在进行信息融合处理之前, 需要对北斗、GPS 数据做特征分析, 从而对目标甄别去伪, 为后续研究提供更加可靠的信息源。

速度是甄别一个目标是否为真实运动目标的重要依据, 常见的船舶速度值为 $0 \sim 20 \text{ m/s}$, 其转弯速度或加速度为 $2^\circ/\text{s}$ 。真实的目标船只应该在这个速度范围内, 若目标船只的速度太大或太小都将被认为是虚假目标。特别的, 在内河航道流域, 出于经济考虑, 航道中船舶的航速一般是稳定的, 其值的分布符合一定的规律; 而虚假目标的速度, 则是由测量漂移与噪音本身特性决定的, 与真实的船只有较大的区别。考虑到北斗、GPS 在工作过程中存在定位漂移的现象, 对于静止不动的目标船只, 其接收机返回的速度值往往不为 0, 而是在 $0 \sim 1 \text{ m/s}$ 内波动。因此在进行速度分析时, 选取样本速度值大于 5 m/s 的目标船只。

图 1 为山区某内河航道于 2014 年 11 月 17 日接收到的 3 万条北斗、GPS 测试数据速度分布。



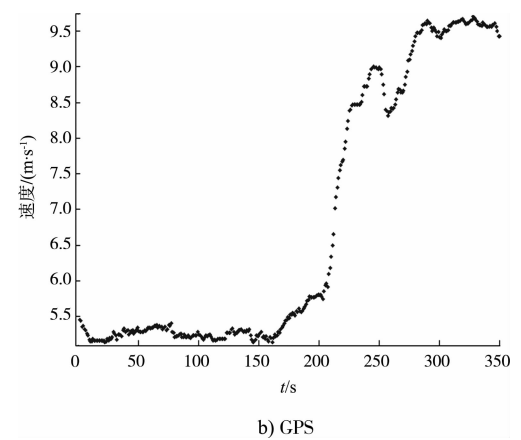


图 1 速度特征分布

从图 1 可见，速度分布基本服从高斯分布。对于离散数据统计样本，其速度的高斯分布曲线拟合见图 2。

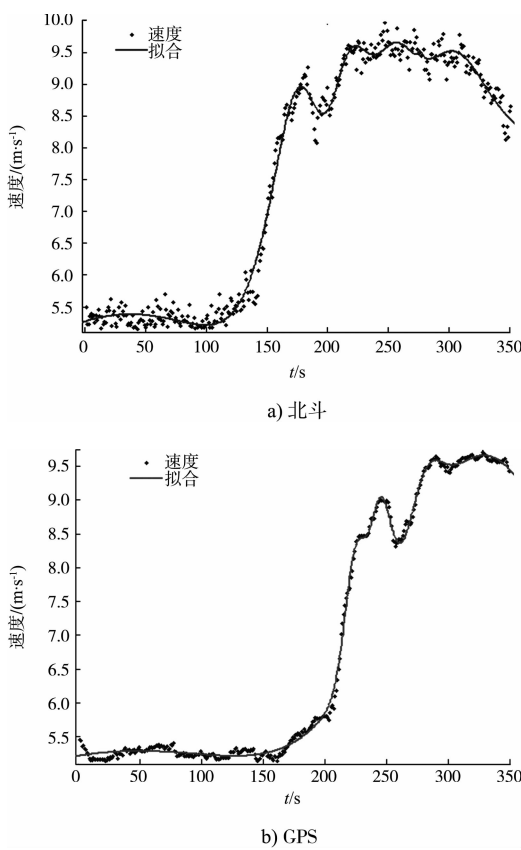


图 2 速度高斯分布曲线拟合

在确定目标船只位置和速度后，仅仅依靠这两个矢量来判断目标船只的真实性是不够的。根据人工经验，当船舶在水域以一定的速度航行时，特别当船速较大时，短时间内航行船舶不可能出现较大角度的转向，因此还有必要对船舶航向特征进行分析（图 3）。

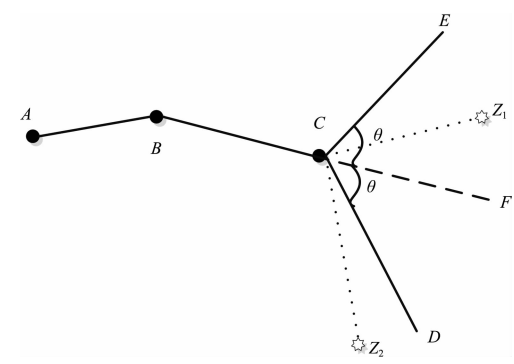


图 3 航向特征分析

图 3 中，A-B-C 为船舶的运行轨迹，假设 Z_1 、 Z_2 是船舶将要到达的目的地；CF 为航迹 BC 的延长线，以 CF 为中线，两边分别有角度为 θ 的航向限制角，即 CD、CE 与 CF 的夹角。图 4 为山区航道中，北斗、GPS 两种导航技术独立定位时，存在的航迹偏差点。

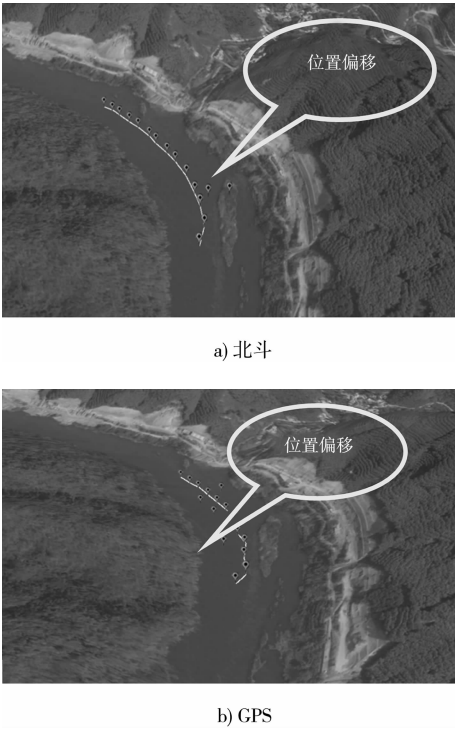


图 4 航迹特征

3 内河山区航道北斗/GPS 融合纠偏研究

信息融合系统的模型一般由 4 个元素组成：1) 传感器元素，它向系统提供原始的观测信息；2) 原始信息的提取、分类、跟踪和评估的元素；3) 识别、分析和综合的元素；4) 信息融合报告元素，即系统的输出^[9-10]。

3.1 北斗/GPS 的信息融合中存在的问题

针对内河山区航道的特殊地理环境, 通过调研及试验发现, 北斗/GPS 的信息融合中存在以下问题: 1) 北斗、GPS 数据会产生漂移问题。影响北斗数据和 GPS 数据产生偏移现象的因素有多种, 但最主要的原因是噪声杂波对位置信息采集的影响, 尤其在山区较多的内河流域, 总是会发生断讯, 将信号不够强的 GPS/北斗信号也收入, 这样就造成了漂移的现象, 将水域周围的山体或桥梁等目标也识别为船只。2) 不同量纲数据之间的融合处理。3) 数据融合中不同系统的数据之间通常存在冲突。4) 时间尺度需统一。5) 不同坐标系之间的转换。

3.2 北斗、GPS 的信息融合方法

在信息融合处理中, 普遍存在信息源本身可靠性不足的问题, 传统方法并没有从根本上解决。针对上述问题, 采用以下方法来实现北斗、GPS 的信息融合:

1) 在数据的偏移问题上采用模糊 c -均值聚类 (FCM) 模型来分类和识别船舶目标, 并结合当前和历史船的信息、船舶航速航行信息和位置信息来计算船舶真实目标的可能性概率, 得到船舶当前位置信息的可信度。以此为依据来剔除数据中的异常点。

2) BRB 是一种统一了贝叶斯推理、模糊集、证据推理等方法的模型框架, 对于定量信息与定性信息的融合处理上日趋成熟, 其本质是一种专家系统。因此为解决不同量纲数据之间的融合处理可以采用 BRB 方法。

3) 在数据融合冲突上采用 ER 模型来解决北斗/GPS 之间信息融合的问题。

4) 北斗与 GPS 的时间系统分别为 BDT 、 $GPST$, 它们都是根据秒数与星期数来辨别时钟历元的。根据两个时间系统的起算时间的差异, GPS 与北斗系统之间的时间转换可通过下式来实现:

$$\begin{cases} BDW = GPSW - 1356 \\ BDT = GPST - 14 \end{cases} \quad (1)$$

式中: BDW 是北斗的周数; $GPSW$ 是 GPS 的周数; BDT 则为北斗的秒数; $GPST$ 是 GPS 的秒数。

5) 虽然北斗系统采用的是 CGCS2000 坐标系、GPS 采用的是 WGS84 坐标系, 但是它们采用的参考椭球非常接近, 其中参考椭球的 4 个常数 a

(半长轴)、 f (扁率)、 GM (地球地心引力常数) 和 ω (球角速度), 除了扁率稍有不同, 其余的 3 个常数均一致。然而扁率差异引起椭球面上的纬度和高度变化最大达 0.1 mm。因此, 当前测量精度范围内, 可以忽略这点差异。北斗、GPS 信息融合的总体技术路线见图 5。

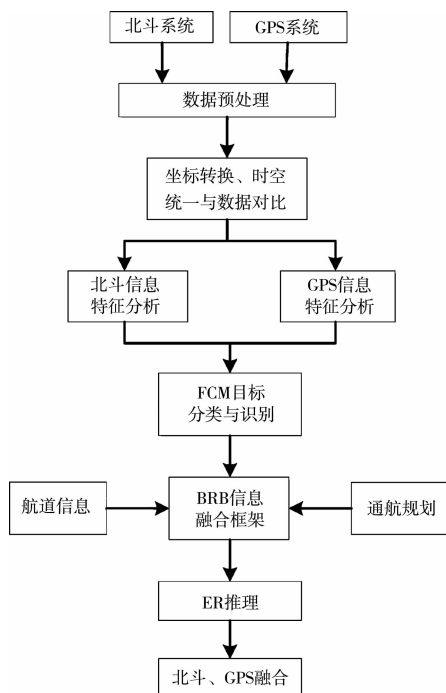


图 5 总体技术路线

4 结论

通过对内河山区航道北斗、GPS 数据中速度特征及航向特征分析, 给出了相应的特征分布规律, 为北斗/GPS 信息融合的实现奠定了基础。根据特定条件下北斗/GPS 数据的噪声干扰特征, 建立了空间、速度、航向特征的置信规则库, 采用 ER 技术给出航迹的可信度, 解决了不同量纲数据之间的融合处理问题, 实现航行数据的自动纠偏。随着水上交通精细化管理需求的不断提高, 定位信息的可靠性显得愈发重要, 速度航向数据特征分析以及定位纠偏技术的研究, 可以有效提升水上交通的数据质量, 对于建设规则化的水上交通智能管理体系具有十分重要的作用。与此同时, 随着北斗卫星导航系统服务范围的不断扩大, 本文提出的研究方法和研究成果, 未来可以为我国卫星导航系统国际化应用提供有效的数据支撑。

(下转第 168 页)