 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i5.5666

Research and application of information fusion for ship track positioning

Jin Wang Pengfei Yan

China Communications and Information Center, Beijing, 100011, China

Abstract

Ship navigation safety is the core proposition of the development of the shipping industry, and its protection is influenced by multiple factors such as climate, hydrology, waterway and ship design, and human operation, which have evolved into complex system engineering. With the development of information technology, proactive management has become an inevitable choice. The AIS system, as a critical infrastructure, has undergone decades of development and its technological system has matured. Empirical evidence has shown that it plays an irreplaceable role in security supervision. However, although the current shore based satellite collaborative networking model enhances reliability, the heterogeneity of data leads to abnormal spatiotemporal ship positions, increasing the risk of monitoring misjudgment. This study analyzes the mechanism of AIS data heterogeneity, constructs a ship trajectory positioning fusion model, and integrates it into the provincial coastal passenger ship monitoring system. Application verification shows that the optimization algorithm significantly improves the real-time positioning and monitoring capabilities of AIS, providing effective guarantees for navigation safety.

Keywords

multi-source AIS; ship position; trajectory information fusion

船舶航行轨迹定位信息融合研究与应用

王津 燕鹏飞

中国交通通信信息中心，中国 · 北京 100011

摘 要

船舶航行安全是航运业发展的核心命题，其保障受气候、水文、航道及船舶设计、人为操作等多重因素影响，已演变为复杂系统工程。随着信息技术发展，主动管理成为必然选择。作为关键基础设施的AIS系统经过数十年发展，技术体系成熟，实证证明其对安全监管具有不可替代作用。但现行岸基-卫星协同组网模式虽增强可靠性，却因数据异构性导致时空船位异常，增加监控误判风险。本研究针对AIS数据异构性展开机理分析，构建船舶轨迹定位融合模型并集成于省级沿海客船监控系统。应用验证表明，优化算法显著提升AIS实时定位监控能力，为航行安全提供有效保障。

关键词

多源AIS；船位；轨迹信息融合

1 引言

在船舶航行过程中，船舶监控系统通常会使用船舶自动识别系统（AIS）来确定船位等信息，并在实际中将岸基 AIS 与卫星 AIS 结合使用，以弥补各自的缺点，提高系统的可靠性。但依旧存在船舶航行数据偏差情况，以致船舶的某些状态结果受干扰，影响相关责任人对航行情况的正确判断。

本文将针对航行轨迹偏差进行研究，并通过技术手段进行融合处理，实现信息系统中船舶航行轨迹的优化显示，提升船舶监控能力。

【作者简介】王津（1979–），男，中国河南新乡人，本科，助理工程师，从事交通信息化等研究。

AIS：Automatic Identification System 的缩写，意为船舶自动识别系统，由岸基（基站）设施和船载设备共同组成，是一种集网络技术、现代通讯技术、计算机技术、电子信息显示技术为一体的数字助航系统和设备。[1]

2 岸基 AIS 与卫星 AIS 的特点

岸基 AIS 是在沿海搭建信号接收站，接收船舶上 AIS 设备广播的船位、船速、航向等船舶动态静态报文信息，及时掌握船舶状态及其附近水域资讯。通常船舶的动态信息会根据航速及航向改变情况 2~12 秒更新一次（其中锚泊船每 3 分钟更新一次），静态信息会每 6 分钟更新一次。

卫星 AIS 是通过低轨道的卫星接收船舶发送的 AIS 报文信息，并将报文信息转发给相应的地球基站，从而实现对航行船舶的监控。由于受卫星 AIS 的系统设计、卫星数量、

船舶密度等因素限制，卫星接收到的船舶信息更新频率在几分钟到几个小时不等，通常在 1 小时以上。

岸基 AIS 延时短，报文更新频率高，但是覆盖范围有限，特别对于远距离航行的船舶来说，容易形成信号盲区；卫星 AIS 可以覆盖全球，但信号延时太长，报文更新频率低，船舶定位效能差。因而通常是结合使用，远洋航行时，卫星 AIS 保证对船舶的有效监控；近海航行时，岸基 AIS 确保在船舶密度大的区域内及时监控船舶状态。

3 多源 AIS 系统接收报文信息的问题

船舶使用多源 AIS 的优点显而易见，但在实际应用因为报文来源于不同的 AIS 系统，其时间戳并不一致。导致船舶监控系统在按照报文传输顺序接收并展示船位时，船舶轨迹展示则可能出现乱序和交叉等异常情况。则可能出现图 3-1 所示的情况。

如不对时间顺序加以处理，会影响对船舶航行状态的准确判断，特别是当偏差出现的频率高时，将会掩盖真实船位。

综上需解决两个问题，一是不同 AIS 系统来源报文信息的显示问题；二是同一 AIS 系统来源的报文可能经由不同基站或卫星构成的异构传输链路进行传输的问题。信息融合作为一种多层次、多方面的处理过程，包括对多源数据进行检测、关联、组合和估计，从而提高估计的效率，并进行适时完整的评价 [2]，进而得到更加确切、全面的数据信息。信息融合处理便成为解决这类问题的重要途径。

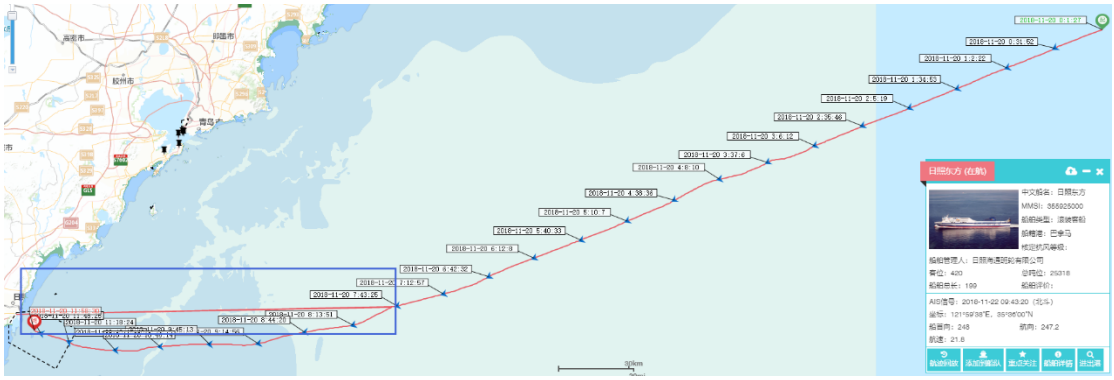

图 3–1 未融合处理的船舶航行轨迹

4 船舶航行轨迹信息融合处理

直观来讲，船舶监控系统按照报文实际产生的时间进行排序则是最完美的解决方法，但实际过程中，由于报文并不完全是按照产生时间接收，如完全按照产生时间排序，一方面不确定是否有生成时间更靠前的报文，如进行等待，将对系统处理的效率及页面显示造成很大影响；另一方面报文数量积累太多时，导致系统处理效率下降。

因此需回到问题的本质，就是如何处理乱序报文的问题。那么，对于此类报文，如果可以屏蔽显示，则能解决相应的问题。所以问题的关键，就变为如何找到这类异常报文。

4.1 问题报文的确定

对于轨迹预测有很多种算法，如高斯混合模型 [3]、贝叶斯预测 [4] 乃至神经网络 [5] 等，都是船舶航行研究的重要课题，也是轨迹数据挖掘的研究热点之一。但本文研究的内容所依据的是已生成的船舶位置，故对预测的依赖相对较小，更侧重对已有数据的考量和应用。

首先，假设船舶的最大航速为 s，当前基准船位坐标是 $p_n(x_n, y_n)$，时间为 t_n，另一个船位坐标是 $p_{n+r}(x_{n+r}, y_{n+r})$，时间为 t_{n+r}，按照坐标计算船位 p_n 和 p_{n+r} 的欧几里得距离 [6]d_p：

$$d_p = \sqrt{(y_{n+r} - y_n)^2 + (x_{n+r} - x_n)^2}$$

按照最大航速计算船位距离 d_s：

$$d_s = s(t_{n+r} - t_n)$$

理论上船舶航行的任意两个船位坐标点之间的距离，都不会超过其最大航速与此两个坐标点时间差的乘积，即：

$$d_p \leqslant d_s$$

故对于相邻获取的两个船位坐标 $p_n(x_n, y_n)$ 和 $p_{n+1}(x_{n+1}, y_{n+1})$，时间点分别为 t_n 和 t_{n+1}，如果 $d_p - d_s = \sqrt{(y_{n+1} - y_n)^2 + (x_{n+1} - x_n)^2} - s(t_{n+1} - t_n) > 0$，则可认为 p_{n+1}是问题报文，从而在系统显示时进行舍弃。

但同时，因为船舶正常航行时很少有超过最大设计航速的情况，如果始终用船舶最大航速进行计算，也很容易导致很多问题报文在显示时没有舍弃。所以在实际应用中，通常采用两个船位的平均速度s_{avg}进行处理，即：

$$s_{avg} = (s_{n+1} + s_n)/2$$

考虑到计算的效率，在容错率要求并不非常高的情况下，按照坐标计算的船位距离 d_p 也可以简化为如下公式：

$$d_p = |y_{n+1} - y_n| + |x_{n+1} - x_n|$$

并且给予最大航速 s 一个浮动率 Δs，那么当：

$$d_p - d_s = |y_{n+1} - y_n| + |x_{n+1} - x_n| - (s_{n+1} + s_n)(1 + \Delta s)(t_{n+1} - t_n)/2 > 0$$

则将 p_{n+1} 作为问题报文，在系统显示时进行舍弃，继续从下一个获取的船位 p_{n+2} 进行计算。如果计算结果为 $d_p \leqslant d_s$，则认为 p_{n+1} 是正常报文予以显示，并作为新的基准点进行后续船位坐标的判断。

4.2 数据模型设计

船舶航行轨迹的展示需要的数据主要为船舶信息和 AIS 信息，船舶信息包括船舶 ID、MMSI、船舶名称、IMO 编码等。AIS 信息包括船舶 ID、数据源、MMSI、时间、经度、纬度、航向等。由以上两类数据融合形成的船舶航行轨迹融合物理模型

4.3 代码实现思路

通过上面章节的研究和模型设计，只考虑岸基 AIS 和卫星 AIS 两个数据接口，船舶轨迹融合算法的代码可通过以下思路实现。针对按时间排序的 AIS 轨迹点集（包含岸基和卫星数据源），通过时间冲突消解、卫星跳跃点修正、低速冗余点过滤及运动连续性校验等规则筛选有效船位：优先保留时间戳冲突中的岸基数据，剔除偏离前后轨迹连线的异常卫星点，忽略低速静止冗余点，并结合两点平均速度与时间差计算理论移动距离阈值，保留实际距离未显著超限的轨迹点，最终输出平滑连续的轨迹序列，在确保不返回空结果的前提下优化多源轨迹数据的合理性与运动逻辑连贯性。

4.4 效果展示

通过上述的研究，船舶航行轨迹信息的融合显示结果如图 4-1 所示。

可见上图显示对比图 3-1 运行轨迹的平滑度有明显的改善。如果系统中船舶基本信息不断完善，比如船舶的设计航速都能够获取的话，改善的程度会更好。并且，本文的计算也仅仅考虑了有限的条件，在实际当中，如果能考虑船舶的航向变化等因素，结果会更加准确。

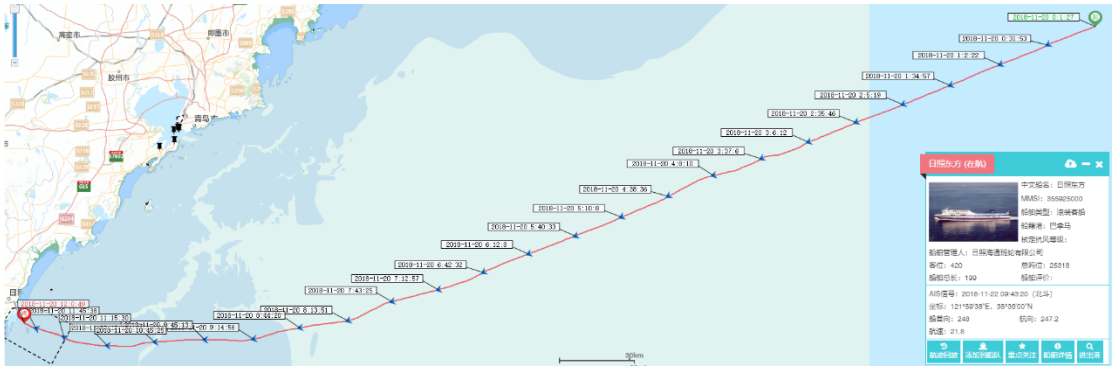

图 4–1 经过融合处理的船舶航行轨迹

5 研究成果应用

本文研究成果已在某省级沿海客船动态监控系统中实现工程化部署，形成了“多源数据融合—异常行为识别—多方协同响应”的三层技术架构，构建了跨部门船舶动态信息共享平台。系统架构遵循分层设计思想，采用轻量级 J2EE 架构 SSI，使用 XML+Annotation 的方式实现灵活配置。在实际运行数据显示，自系统上线以来，充分验证了多源信息融合技术在提升船舶动态监控效能方面的工程价值。

6 结论分析

本文的研究与应用结果说明对于船舶航行轨迹的显示，通过合适的算法进行优化，可以显著地提高显示效果，从而大幅减少误判概率，提高船舶安全监控能力。同时，本文对船舶航行监控的研究也仅仅是非常基本的内容，相信通过各方面持续的努力下，船舶航行安全领域一定会不断地提升，从而为航运业的健康持续发展保驾护航。

参考文献

[1] 赵宇迪.考虑AIS信息的船舶到港时间预测模型研究[D].大连：大连理工大学.2018.

[2] 何友，陆大金等。多传感器数据融合系统中两种新的航迹相关算法。电子学报，1997,25(9):10-14

[3] 乔少杰,金琨等.一种基于高斯混合模型的轨迹预测算法[J].软件学报,2015,05:1049-1063.

[4] 李万高,赵雪梅,孙德厂.基于改进贝叶斯方法的轨迹预测算法研究[J].计算机应用,2013,07:1960-1963.

[5] 徐婷婷,柳晓鸣,杨鑫.基于BP神经网络的船舶轨迹实时预测[J].大连海事大学学报,2012,01:9-11.

[6] 龚旭东.轨迹数据相似性查询及其应用研究[D].中国科学技术大学,2015.