

文章编号: 1000 - 4653(2014) 03 - 0050 - 04

## 基于 AIS 的特定船舶会遇实况分布

肖 潇<sup>1</sup>, 赵 强<sup>1</sup>, 邵哲平<sup>1</sup>, 纪贤标<sup>1,2</sup>, 潘家财<sup>1,2</sup>

(1. 集美大学 航海学院, 福建 厦门 361021; 2. 厦门大学 信息科学与技术学院, 福建 厦门 361011)

**摘要:** 由于单独挖掘特定船舶的会遇信息能够更加直观地反应出船舶的行为特征规律, 而传统的采集单船会遇信息的方法存在费时、费力且效率低的问题, 因此考虑结合海上交通工程理论, 实现基于海量 AIS 数据绘制特定船舶会遇信息的算法。以闽台直航船“中远之星”为例, 利用该算法得到其在台湾海峡水域内的航迹绘制、会遇数目、会遇态势和会遇最近距离等信息, 并进行研究分析。研究结果可为分析水域的通航环境以及为主管部门更好地规划特定船舶的航路提供理论依据。

**关键词:** 水路运输; 特定船舶会遇; AIS 信息; 航迹分布; 中远之星

**中图分类号:** U675.96      **文献标志码:** A

## Specific Ship's Encounter Live Distribution Based on AIS

XIAO Xiao<sup>1</sup>, ZHAO Qiang<sup>1</sup>, SHAO Zheping<sup>1</sup>, JI Xianbiao<sup>1,2</sup>, PAN Jiakai<sup>1,2</sup>

(1. Navigation College, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. School of Information Science and Engineering, Xiamen University, Xiamen 361011, China)

**Abstract:** Due to the specific ship's encounter can be more intuitive to reflect the characteristic pattern of the ship's behavior. But the time and energy waste and low efficiency issues of the traditional information collection for specific ship's encounter, the algorithm for specific ship's encounter information is achieved based on the intensive AIS data to combine marine traffic engineering theory. Taking the direct route "COSCO STAR" between Fujian and Taiwan for example, the specific ship's track drawing, encounter times, encounter situation and encounter closest range in Taiwan Strait are studied and analyzed, whose results show a theoretical basis for the navigation environment of the water analyzed and authorities' better channel planning.

**Key words:** waterway transportation; specific ship's encounter; AIS data; track distribution; COSCO STAR

研究海上交通的主要目的是降低交通事故(主要是碰撞事故)的发生率。<sup>[1]</sup>碰撞是船舶会遇的一个罕见而不好的结果, 而会遇是碰撞发生的必要条件之一。由于船舶会遇的情况远比碰撞多(在绝大多数会遇中船舶因采取行动, 防止了碰撞的发生), 因此, 研究会遇是研究碰撞与避免碰撞的一个重要组成部分。根据海上交通调查掌握单船会遇的实况(即会遇数目、会遇态势和会遇最近距离), 是实行交通管制和规划交通的基础。可以运用海上交通工程理论, 采用数据挖掘技术, 设计在海量 AIS (Automatic Identification System) 数据中提取船舶会遇信息的算法, 从时间分布、空间分布等多个角度分析海

上交通中船舶会遇的状况。

AIS<sup>[2-3]</sup>的出现与广泛应用, 不仅提高了船舶的航行效率与安全, 而且较好地反应了港口水域船舶的交通特征。AIS 信息采集系统<sup>[4-6]</sup>能够实时接收各个港口 AIS 接收点采集到的船载 AIS 数据。这些数据具有实时性强、量大、内容丰富等特点, 可供基于电子海图的广域船舶监控系统使用, 也可作为历史数据为分析船舶会遇等交通特征提供依据。潘家财等<sup>[7]</sup>通过 AIS 信息采集系统获取海量的 AIS 数据, 利用数据挖掘技术对 AIS 数据进行分析, 研究船舶会遇算法; 唐存宝<sup>[8]</sup>实现了 AIS 信息的在线分析处理系统(OLAP-AIS)。现在此基础上, 进一步设计

收稿日期: 2014-04-17

基金项目: 国家自然科学基金(51109090); 福建省重点科技计划项目(2012H0030); 福建省教育厅科技计划项目(JB11103)

作者简介: 肖 潇(1988—)男, 福建将乐人, 硕士生, 从事交通信息工程及控制研究。E-mail: 23252920@qq.com

赵 强(1970—)男, 浙江建德人, 讲师, 硕士, 从事航海技术及海油工程研究。E-mail: johnzhao@jmu.edu.cn

高效的针对特定船舶的航迹分布与会遇算法,分析特定船舶的会遇,并以闽台直航船“中远之星”为实例进行相关研究。

## 1 定义会遇及研究特定船舶会遇的意义

### 1.1 基于 AIS 的船舶会遇定义

由于会遇<sup>[1]</sup>的定义不同,研究的思路及获得研究数据的方法也不尽相同。此处采用的会遇定义是:如果不采取避让行动,两船的会遇最近距离(Distance to Closest Point of Approach, DCPA)将小于某一给定距离的一种情况。该定义不考虑船舶是否采取行动及其行动效果。作为会遇判据的两船距离应根据水域条件的不同进行设置。在沿海或其他宽敞水域,该值可取大些,已有研究文献<sup>[7,9]</sup>取为 0.5 n mile;在港外或其他开阔水域,也应适当取大些。

### 1.2 研究特定船舶会遇的意义

#### 1.2.1 更具针对性

研究所有船舶的会遇,可以总体了解海上交通环境的特点,但对于特定船舶及特殊航线,潜在信息会存在较大的遗漏与缺失,仍利用整体局面来分析存在较多不合理因素。因此,单独研究特定船舶会遇,能够更好地还原船舶在此航次中的实况,更加直观地反应航行过程中各阶段的通航环境危险程度。

#### 1.2.2 会遇数目

由于海上交通环境的复杂程度不同,船舶的会遇分布也不尽相同。如在交通流交汇区域、转向区域、有碍航物及浅滩等区域,船舶发生会遇的几率较大。在航行过程中,根据该船附近船舶会遇的数量即可定量反映该航线各阶段通航环境的危险程度。

#### 1.2.3 会遇态势

相关研究<sup>[1]</sup>表明,碰撞事故与当时当地的交通流和船舶态势有关。如果该水域的会遇态势主要为对遇,则表明在该水域采取分道通航制的方法分隔方向相反的交通流的必要性更大。如果该水域的主要会遇态势为交叉相遇(可分大角度和小角度两种情况),说明船舶可能穿越交通流。因此,通过实际挖掘该船航行过程中的会遇态势分布,可为主管当局合理规划特定船舶的航路提供理论依据。

#### 1.2.4 DCPA 的分布

采取避让行动时,目标船 DCPA 表征广大海员对碰撞危险的认识,其大小表示存在碰撞危险而需采取避让行动的程度,可为船舶的避让提供参考。

## 2 特定船舶会遇信息绘制的实现及步骤

### 2.1 基于 AIS 特定船舶会遇实况的实现流程

特定船舶会遇实况绘制的实现流程见图 1。

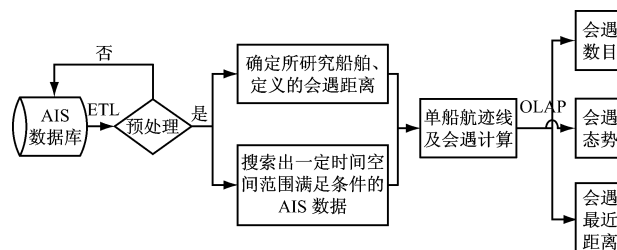


图 1 基于 AIS 特定船舶会遇实况实现的流程

### 2.2 基于 AIS 特定船舶会遇实况分布步骤

#### 2.2.1 AIS 信息采集与预处理

定时从 AIS 数据接收服务器中取出所需 AIS 消息报文文件,运用 AIS 信息解码模块实现解码和数据入库,并在数据库中预处理使用前的无效数据,以提高 AIS 信息的有效性,从而得到 AIS 信息基本表。预处理的主要工作有:删除动态信息表中海上移动通信业务标识(Maritime Mobile Service Identity, MMSI)为 0 的记录;删除明显错误的 AIS 数据(如出现负值、速度 > 100 kn、经度 > 180°、纬度 > 90°等);根据 AIS\_NAME 表删除超过研究水域范围的记录等。

#### 2.2.2 特定船舶航迹的绘制

基于唐存宝等<sup>[10]</sup>对 AIS 船舶航迹分布算法的论述,在集美大学自主研发的电子海图显示系统(以下简称“平台”)上进行二次开发,通过选择 MMSI 对特定船舶的航迹进行绘制。为提高算法的高效性,根据设定的条件将目标船的信息在后台数据库选出并导入独立的一张表,且按时间顺序排列。在平台上直接对表的数据进行画线,以提高运行效率。图 2 线条“· · · · ·”表示“中远之星”(MMSI = 477 559 700)在某时段的航迹分布。

#### 2.2.3 会遇点分布图的绘制

由 AIS 信息更新率<sup>[2-3]</sup>可知, AIS 动态信息一般在 2 ~ 180 s 广播一次。两船要构成会遇,必须在此时发布的 AIS 信息的一段时间与距离之内,因此关键性问题是首先通过限定条件进行第一阶段的筛选。航迹分布从图 2 转化为图 3,极大地减轻了运算量,提升了算法效率,具体步骤:

(1) 预处理 AIS 数据后,在数据库中搜索所研究船舶实时发布的 AIS 信息的一定时间与水域空间范围内的船舶 AIS 动态表数据,存入临时表 A 中;

(2) 对临时表 A 按 MMSI 分组查询,每组按时间先后排序,计算前后,船舶 AIS 记录的时间差、经度差、纬度差小于设置的最大阈值,即时间差 <  $\lambda_{time}$ , 经度差 <  $\lambda_{long}$ , 纬度差 <  $\lambda_{lat}$ , 且航速小于设置的最大阈值,删除不符合上述条件的数据,存入临时表 B 中;

(3) 将表 B 中的所有 MMSI 按时间排列,根据研究水域的不同,搜索两船距离小于一定值的两船相遇作为一次会遇,并将其存入会遇表 C 中;

(4) 为消除两船多次会遇的影响,选出表 C 中距离最近时的一个数据,并修正两船的经纬度与距离到同一时间;

(5) 根据研究需要,对船舶会遇表 C 进行会遇数目、会遇态势、会遇最近距离等的深入分析。

经分析,该会遇算法的时间复杂度为  $O(n)$ ,  $n$  为 AIS 记录数。

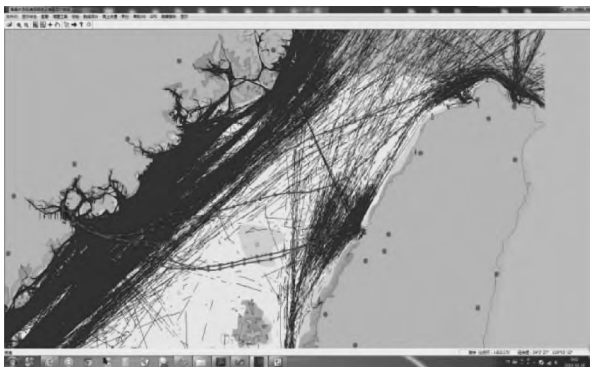


图2 台湾海峡船舶交通流

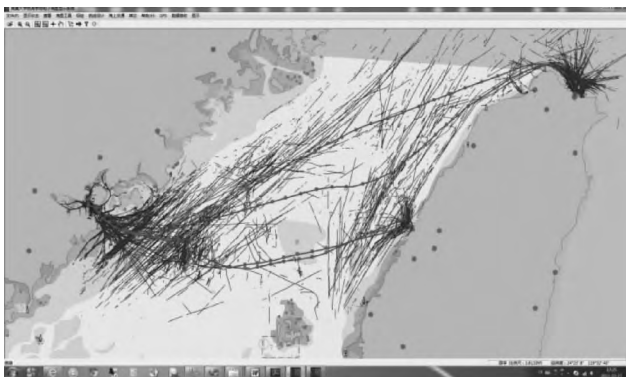


图3 台湾海峡特定船舶附近船舶交通流

#### 2.2.4 会遇态势的判别

碰撞态势用来描述目标船与本船的相遇局面。根据《国际海上避碰规则》,以会遇两船的航向差  $\Delta C$  (其中航向采用实际的的对地航向 COG) 为依据划分船舶的会遇态势(见表 1)。

表1 船舶会遇态势划分表

会遇态势	追越	对遇	小角度交叉	大角度交叉
航向差/ (°)	0~67.5 或 292.5~360	174~186	90~174 或 186~270	67.5~90 或 270~292.5

## 3 实例研究

### 3.1 会遇距离的确定

闽台直航船“中远之星”最大航速为 23 kn,根据最新统计 2013 年 6 月、7 月台湾海峡船舶航速分布见图 4 和图 5,其中每个方格边长为 5 n mile,显示了该月份的平均航速。现将航速划分为 4 个区间,分别为 0~5 kn,5~10 kn,10~15 kn 及 15 kn 以上,可以得到主要航速分布为 10~15 kn 区间,因此在考虑会遇距离时,假定来船航速 15 kn,用相对速度最快的对遇局面进行分析,即此时的相对速度为 38 kn,根据实际海上经验,从本船当前位置至最近会遇距离的时间大约为 6 min 计算,此时定义到会遇距离为 3.8 n mile。

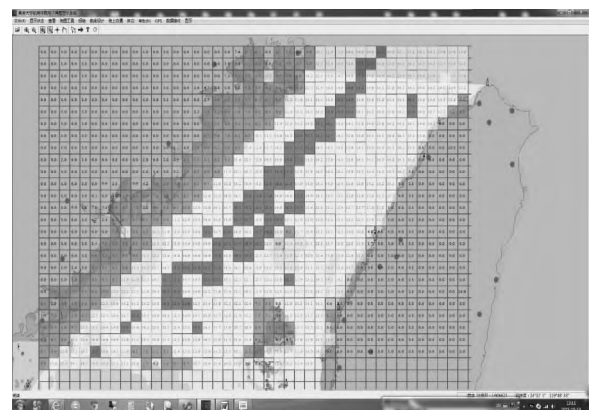


图4 台湾海峡6月份航速分布

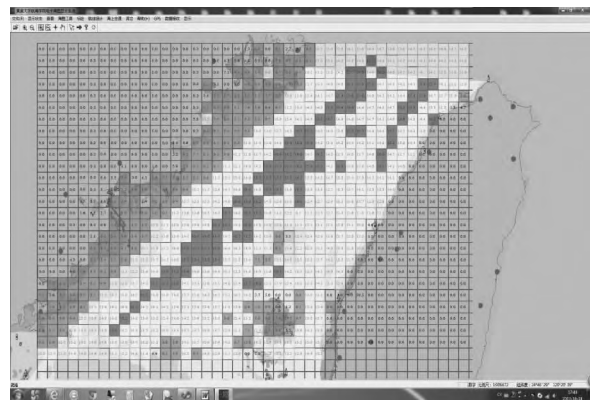


图5 台湾海峡7月份航速分布

### 3.2 会遇结果展示及分析

#### 3.2.1 结果展示

根据研究的重点,只对台湾海峡内且船长 > 50 m 的会遇点进行研究,港内的会遇不作为主要研究对象。“中远之星”9 月直航台中与基隆的 4 个航次的航迹与会遇分布见图 6。

#### 3.2.2 会遇数目分析

结合图 2 与图 6 并按会遇数目由多至少分析, A 区处于台湾海峡内航路,穿越台湾海峡的中小型

船舶主要在此区域内航行,且进出厦门港的船舶主要在此区域转向;B区处于台湾海峡外航路,南来北往的大型船舶通过东海区或穿过台湾海峡主要在此区域;C区主要是来自日本与韩国的船舶穿越台湾海峡所引起的会遇;D区与E区主要是来自日本与韩国的船舶靠泊台湾岛西侧港口所引起的会遇。

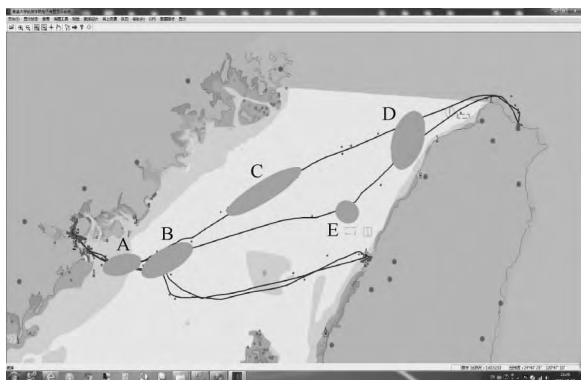


图6 “中远之星”航迹与会遇分布

综上所述,闽台直航船“中远之星”在台湾海峡内的主要会遇区域为图6所示区域的附近水域。海事主管机关在管理与规划航路时,要对上述水域重点关注,尤其是交通流大且通航环境复杂的A区域与B区域,需要过往船舶特别谨慎,以确保安全航行。

### 3.2.3 会遇态势分析

根据“3.2.4”的会遇态势判别,经处理得到会遇态势饼状图(见图7)。从图中可看出,“中远之星”在台湾海峡的会遇以交叉相遇最多,占会遇总数的64%,其中大角度交叉相遇占总数的55%。

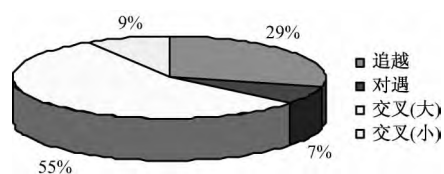


图7 会遇态势分布

### 3.2.4 会遇最近距离(DCPA)分析

统计结果见图8,从中可以得出船舶DCPA主要为1.0~2.0 n mile,避碰专著<sup>[11]</sup>普遍建议,在海上能见度良好时,大船间的安全会遇距离在白天应 $\geq 1$  n mile,夜间应 $\geq 2$  n mile,能见度不良时应 $\geq 2$  n mile;反之,DCPA小于上述数值时会不安全或存在碰撞危险,需采取行动。这一对比结果与研究结果基本相符。

## 4 结 语

基于AIS数据,运用数据挖掘技术与电子海图

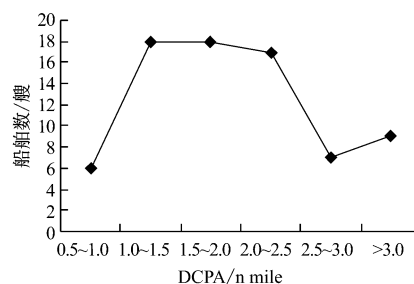


图8 会遇最近距离分布

显示系统共同分析特定船舶的航迹及会遇点分布,对如何提高单航迹绘制效率与查找会遇点效率步骤进行了简要说明。对闽台直航船“中远之星”在台湾海峡水域内的航迹分布及会遇实况中的会遇数目、会遇态势及会遇最近距离进行研究分析,得出了该船在台湾海峡应主要关注的区域、主要会遇态势及避让距离参考等数据。该研究可为特定船舶指出航行中应关注的要点或船舶行驶的特殊航线上的主要关注点,并可为在台湾海峡行驶的特定船舶更好地实行船舶交通管理,保障船舶交通安全,规范船舶航路,以降低海上交通事故发生率提供理论依据。

## 参 考 文 献

- [1] 吴兆麟,朱军. 海上交通工程[M]. 2版. 大连:大连海事大学出版社,2004.
- [2] 孙文力,孙文强. 船载自动识别系统[M]. 大连:大连海事大学出版社,2004.
- [3] 国际海事组织. 通用船载自动识别系统国际标准汇编[G]. 袁安存,张淑芳,译. 大连:大连海事大学出版社,2005.
- [4] 邵哲平,孙腾达,潘家财,等. 基于ECDIS和AIS的船舶综合信息服务系统的开发[J]. 中国航海,2007,30(2):30-33.
- [5] 纪贤标,邵哲平,潘家财,等. AIS信息分布式采集系统的开发及关键技术[J]. 上海海事大学学报,2007,28(1):28-31.
- [6] 潘家财,邵哲平,姜青山. 数据挖掘在海上交通特征分析中的应用研究[J]. 中国航海,2010,33(2):60-62.
- [7] 潘家财,姜青山,邵哲平. 船舶会遇的时空数据挖掘算法及应用[J]. 中国航海,2010,33(4):57-60.
- [8] 唐存宝. 基于AIS信息的在线分析处理系统的研究[D]. 厦门:集美大学,2010.
- [9] GOODWIN E M. Marine Encounter Rates[J]. Journal of Navigation,1978,31(3):357-369.
- [10] 唐存宝,邵哲平,唐张荣,等. 基于AIS的船舶航迹分布算法[J]. 集美大学学报:自然科学版,2012,17(2):109-112.
- [11] 吴兆麟,赵月林. 海上避碰与值班[M]. 3版. 大连:大连海事大学出版社,2008.