



申请代码	E091004
受理部门	
收件日期	
受理编号	5177090581



国家自然科学基金 申 请 书

(2017 版)

资助类别：	面上项目		
亚类说明：			
附注说明：	常规面上项目		
项目名称：	基于大数据的群桥水域船舶行为分析与异常行为船舶跟踪		
申 请 人：	刘清	电 话：	02787855303
依托单位：	武汉理工大学		
通讯地址：	湖北省武汉市洪山区珞狮路122号		
邮政编码：	430070	单位电话：	02787214969
电子邮箱：	qliu2000@163.com		
申报日期：	2017年02月27日		

国家自然科学基金委员会



基本信息

申请人信息	姓名	刘清	性别	女	出生年月	1966年01月	民族	汉族
	学位	博士	职称	教授	每年工作时间（月）		8	
	电话	02787855303		电子邮箱		qliu2000@163.com		
	传真	02787651862		国别或地区				
	个人通讯地址	湖北省武汉市洪山区珞狮路122号						
	工作单位	武汉理工大学/自动化学院						
	主要研究领域	智能交通工程；计算机视觉						
依托单位信息	名称	武汉理工大学						
	联系人	万翔	电子邮箱		jck@whut.edu.cn			
	电话	02787214969	网站地址		http://i.whut.edu.cn/			
合作研究单位信息	单位名称							
项目基本信息	项目名称	基于大数据的群桥水域船舶行为分析与异常行为船舶跟踪						
	英文名称	Vessel Behavior Analytical Study and Abnormal Behavior Vessel Tracking in the Multi-bridge Water area Based on Big Data						
	资助类别	面上项目				亚类说明		
	附注说明	常规面上项目						
	申请代码	E091004. 海上作业与海事保障				F030209. 智能交通系统		
	基地类别							
	研究期限	2018年01月01日 -- 2021年12月31日				研究方向：海事监管		
	申请直接费用	69.7900万元						
中文关键词		群桥水域；大数据；深度学习；船舶行为识别；船舶跟踪						
英文关键词		multi-bridge water area; big data; deep learning; vessel behavior identification; vessel tracking						



中文摘要	<p>群桥水域因为通航环境复杂、航行风险高，是海事监管的重点和难点。本项目以大数据、机器学习、计算机视觉等最新技术为手段，研究一种基于大数据的群桥水域船舶行为分析与异常行为船舶视觉跟踪的新思路、新方法。</p> <p>主要研究包括：架构内河交通大数据的典型应用模型框架，研究面向内河交通大数据的Hadoop分析平台的建立方法，以及结构化数据和非结构化数据的预处理方法，建立大数据仓库；以某典型内河群桥水域为例，研究船舶异常行为库的建立方法，开展基于深度学习的群桥水域船舶行为特征提取、行为预测、行为模式识别的研究；分析群桥水域的航运特点和干扰因素，研究群桥水域的异常行为船舶视觉自动检测、识别与跟踪算法，实现水上交通安全预警。</p> <p>本项目为海事大数据应用体系的建立奠定了基础，为掌握水上交通安全规律提供科学依据，提升海事智能监管的水平，保障群桥水域交通安全。</p>
英文摘要	<p>The security control of multi-bridge water area has been treated as a heated and difficult problem on account of complex environment and high sailing risk. In order to deal with the problem, The project aims at vessel behavior research and abnormal behavioral vessel visual tracking by integrating with big data, machine learning and computer vision technology.</p> <p>The main work and research include the following three parts: firstly, a typical big data application framework of inland waterway transportation will be designed. Meanwhile, a analysis platform based on Hadoop will be established. Then, the project will develop a method of pre-treating the structured data and unstructured data, which is used for building the traffic data warehouse. Secondly, taking a multi-bridge water area as an example, with the purpose of vessel behavior feature extraction, identification and prediction, the technique of building the vessel's abnormal behavioral database will be provided. Finally, on the premise of sailing characteristics and interference factors in the multi-bridge water area, vessel visual detection, identification and tracking algorithms will be proposed in allusion to identify and track abnormal behavioral vessels.</p> <p>This project will lay the foundation for the application system of maritime big data, and provide a scientific basis for understanding the rules of marine traffic, simultaneously improve the application of maritime management and ensure the safety of the multi-bridge water area.</p>



项目组主要参与者（注：项目组主要参与者不包括项目申请人）

编号	姓名	出生年月	性别	职 称	学 位	单位名称	电话	电子邮箱	证件号码	每年工作 时间（月）
1	郭建明	1962-10-25	男	教授	硕士	武汉理工大学	027-87859069	jmguo62@163.com	420106196210251713	8
2	郝勇	1966-08-12	男	副教授	博士	武汉理工大学	027-87859069	marinehao@whut.edu.cn	420106196608122831	8
3	李向舜	1979-01-25	男	副教授	博士	武汉理工大学	027-87859069	lixiangshun@whut.edu.cn	13262219790125001X	8
4	谢兆青	1987-03-11	男	博士生	硕士	武汉理工大学	13554121219	youzicha2012@163.com	421081198703111895	10
5	杨靓	1986-01-20	女	博士生	硕士	武汉理工大学	18672326196	shinetoday1986@163.com	420106198601200429	10
6	王佩佩	1985-12-03	男	博士生	硕士	武汉理工大学	15807148025	1969248419@qq.com	340323198512036935	10
7	颜为朗	1992-11-30	男	硕士生	学士	武汉理工大学	15071115571	1280136546@qq.com	420922199211306074	10
8	陈志华	1993-01-27	男	硕士生	学士	武汉理工大学	15527927626	986670851@qq.com	350321199301275657	10
9	贾磊	1992-09-28	男	硕士生	学士	武汉理工大学	15849178174	23336768@qq.com	150104199209280117	10

总人数	高级	中级	初级	博士后	博士生	硕士生
10	4				3	3



国家自然科学基金项目资金预算表

项目编号: 5177090581

项目负责人: 刘清

金额单位: 万元

序号	科目名称	金额	备注
	(1)	(2)	(3)
1	一、直接费用	69.7900	
2	1、设备费	12.7200	
3	(1)设备购置费	10.72	实验平台和高速图像处理平台构建费用
4	(2)设备试制费	0.0000	
5	(3)设备改造与租赁费	2.00	全任务大型船舶模拟器租赁费用
6	2、材料费	1.50	电路板和板卡外壳制作费用
7	3、测试化验加工费	1.20	
8	4、燃料动力费	0.0000	
9	5、差旅/会议/国际合作与交流费	28.20	调研、参加学术会议、外籍专家学术交流费用
10	6、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	10.05	版面费、文献检索、专利申请、资料购买费用
11	7、劳务费	15.60	博士、硕士研究生劳务费
12	8、专家咨询费	0.52	专家咨询劳务费
13	9、其他支出	0.0000	
14	二、自筹资金来源	0.0000	



预算说明书（定额补助）

（请按《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》中的要求，对各项支出的主要用途和测算理由及合作研

究外拨资金、单价 ≥ 10 万元的设备费等内容进行详细说明，可根据需要另加附页。）

直接费用各科目说明如下：

1. 设备费，购置用于建立数据采集平台、深度学习平台以及高速图像处理平台的设备，以及实验设备租赁费用，总计12.72万元。

（1）设备购置费，小计10.72万元

① 本项目考虑对船舶AIS数据、CCTV视频数据和环境数据进行采集和存储，需要建立数据采集实验平台和深度学习平台，需购置如下设备：

AIS接收机1台，8,000元/台，8,000元

景深摄像头1个，3,000元/个，3,000元

高清工业摄像机1个，15,000元/个，15,000元

三脚架1个，1,200元/个，1,200元

② 本项目考虑对船舶视频识别和跟踪算法硬件化，提高算法的处理运行速度，需要建立高速图像处理硬件平台，需购置如下设备：

FPGA+DSP高速视频图像处理板卡2套，40,000元/套，80,000元。

（2）设备租赁费，小计2.00万元

本项目需租用全任务大型船舶模拟器模拟船舶航行过程，构建船舶异常行为库，需支付设备租赁费用：

全任务大型船舶模拟器租赁2次，10,000元/次，20,000元。

2. 材料费，用于支付电子元器件、导线、电源的购置费用，总计1.50万元。

电子元器件、导线、电源等，3批，5,000元/批，15,000元

3. 测试化验加工费，用于支付采集电路板和高速视频图像处理板卡外壳的制作费用，总计1.20万元。

（1）电路板的开版费、制作费，共3批，3,000元/批，小计0.90万元

（2）高速视频图像处理板卡的外壳制作费用，1个，3,000元/个，小计0.30万元

4. 差旅/会议/国际合作与交流费，用于支付项目组调研、参加学术会议、邀请国外专家来华学术交流的费用，总计28.20万元。

（1）差旅费，小计7.00万元

① 项目组成员赴内河沿线海事部门进行调研和数据采集工作，10人次，依据相关标准，每人费用3,000元，：

动车二等票：2张，225元/张，450元；住宿费：5天，370元/天，1,650元；市内交通：5天，80元/天，400元；补助：5天，100元/天，500元。

② 项目组成员参加国内学术会议，10人次，依据相关标准，每人费用4,000元：

动车二等票：2张，225元/张，450元；会议注册费：1,000元/人次；住宿费：5天，370元/天，1,650元；市内交通：5天，80元/天，400元；补助：5天，100元/天，500元。



预算说明书（定额补助）

（请按《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》中的要求，对各项支出的主要用途和测算理由及合作研

究外拨资金、单价≥10万元的设备费等内容进行详细说明，可根据需要另加附页。）

（2）国际合作与交流费，小计21.20万元

① 拟邀请荷兰、美国专家来华4人次，依据相关标准，每人费用19,000元：

国际旅费用：10,000元/人次；专家生活费用，10天，600元/天，6,000元；城市间交通费用：3,000元/人次

② 项目组成员拟参加国际学术交流会议8人次：美国4人次，日本2人次，荷兰2人次，依据相关标准，每人费用17,000元：

会议注册费：4,000元/人次；差旅费：13,000元/人次

5. 出版/文献/信息传播/知识产权事务费，用于论文、报告出版、资料、文献检索、专利申请及软件登记等费用，总计10.05万元。

（1）论文版面费：国内期刊论文，5篇，2,500元/篇，12,500元；国外期刊论文，6篇，5,000元/篇，30,000元，小计4.25万元

（2）软件著作权申请：3项，1,000元/项，小计0.30万元

（3）发明专利申请：2项，1,000元/项，小计0.20万元

（4）学术专著出版：1本，30,000元/本，小计3.00万元

（5）文献检索费：100篇，20元/篇，小计0.20万元

（6）AIS、视频分析、深度学习相关学习书籍购买费用：1批，1,000元/批，小计0.10万元

（7）相关实验数据购买费用：1批，20,000元/批，小计2.00万元

5. 劳务费，用于支付博士、硕士研究生的劳务费，总计15.6万元。

（1）博士生，3人3年，1,000元/人.月，10月/年，小计9.00万元

（2）硕士生，4人3年，550元/人.月，10月/年，小计6.60万元

6. 专家咨询费，用于支付建立船舶异常行为模式类别时的专家咨询费，总计0.52万元。

在建立船舶异常行为模式类别的时候，需要咨询海事专家，按专项经费管理的要求，产生的咨询费如下：

高级职称海事专家，2人2天，800元/人.天，小计0.32万元

其他海事专家：2人2天，500元/人.天，小计0.20万元



报告正文

二、正文

(一) 立项依据与研究内容(4000-8000字):

1. 项目的立项依据(研究意义、国内外研究现状及发展动态分析,需结合科学研究发展趋势来论述科学意义;或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景。附主要参考文献目录);

1.1 问题的提出

随着“中部崛起”、“中国经济新支撑带”战略的兴起,沿线各城市经济发展迅速,大量跨江桥梁呈集群化建设,桥梁数量多、间隔距离近的群桥水域将成为普遍现象。以武汉市为例,到2020年,60km的水域上将有11座跨江大桥,如图1所示。最近桥梁间隔为2.3km,具体桥梁间间隔见表1。类似的群桥区域国外也是常见,如韩国首尔市,截止到2002年,60km长的汉江上一共修建了27座跨江大桥,如图2所示。公路运输的便捷和灵活性将推动经济的高速发展,群桥水域将逐渐成为沿江经济城市新的支撑带。



图1 武汉跨江大桥布局



图2 首尔汉江的群桥水域



表 1 武汉跨江桥梁桥梁间隔

桥梁名称	桥梁间隔/km
军山长江公路大桥	
沌口长江大桥	8.9
白沙洲长江大桥	7.0
杨泗港长江大桥	2.6
鹦鹉洲长江大桥	3.7
武汉长江大桥	2.3
武汉长江二桥	6.8
武汉二七长江大桥	3.2
天兴洲长江大桥	6.8
青山长江公路大桥	6.5
阳逻长江大桥	13.9

随着交通流密度增加和船舶大型化的发展，群桥水域通航安全隐患逐渐显现。桥梁间隔近，通航桥孔、桥墩相互交错，轴线走向不同，不利于航路规划，船舶遭遇突发事件时难以更改航向，传统的单桥水域管理方法已不再适用。为了确保群桥水域的安全，海事人员一直积极探索，寻找安全监管的新技术和新方法。

长江海事局贯彻“e-航海（e-Navigation）”理念，组织开发了电子巡航系统，并于2012 年全线推广实施。该系统[1]以地理信息系统为平台，通过船舶交通服务系统（Vessel Traffic Services, VTS）、船舶自动识别系统（Automatic Identification System, AIS）、视频监控系统（Closed Circuit Television, CCTV）、船舶全球定位系统（Global Positioning System, GPS）、气象、水位等系统获取水上交通数据，形成重点水域监控、重点船舶跟踪、搜救协调等功能的海事监管体系。目前，电子巡航系统在各海事机构均得到了应用且取得了良好的成效。以长江海事局为例^[2]，2015 年全年共纠正船舶违法行为 2 万余艘次、提供交通服务 29 万余次、监控重点船舶 30 万余艘次、有效避免险情 511 起，对辖区通航秩序起到了良好监管保障作用。电子巡航系统为内河海事监管建立了统一指挥平台，是对船舶实施动态跟踪，对通航秩序进行动态管理，对重要江段实行电子化监控和全方位覆盖的一种新模式，但是系统只具备数据采集、存储和集成显示等功能，各子系统之间相互独立，缺乏数据交换、利用和共享。如安装在岸边的 CCTV 系统只能依靠人力集中进行监视，发现隐情再出航处理。安装在船舶上的 AIS 系统能以一定的通信方式发送本船信息，应用 AIS 数据可以实现对船舶的数字化检测和识别，对异常交通状况预警。但经过实地考察研究，发现长江水域航行船舶船载 AIS 的开启率只有 80%，部分船载 AIS 与海事部门的岸基 AIS 设备不兼容，实际上只有 60%船舶的 AIS 信息可以被海事部门接收^[3]，依然无法覆盖所有船舶，仅仅依靠 AIS 来发现、识别船舶存在有漏洞。

随着大数据技术在金融和商业应用方面的巨大成功，其他行业越来越重视大数据的应



用模式研究。那么大数据为内河航运的建设规划和海事监管、运营服务等将提供良好的数据支持和辅助决策作用，大数据的应用将革新内河交通运输规划、管理和运营服务。电子巡航系统产生的内河交通大数据，具有稠密与稀疏共存、冗余与缺失并在、显式与隐式均有、静态与动态忽现、多元与异质共处、量大与可用矛盾等特点。随着数据的累积，传统的数据存储、处理和挖掘技术已无法胜任内河智能交通管理和运营服务的要求，亟需研究内河航运交通数据资源特征、大数据基础理论框架和内河航运大数据的典型应用模型等。

本项目针对内河交通数据规模大、多源异构等特点导致数据存储、处理和挖掘难的问题，应用大数据处理技术研究内河交通大数据应用理论框架和应用模式；针对内河航运船舶行为模式多样性问题，应用机器学习中的深度学习等关键技术研究群桥水域船舶行为特征表示、行为预测和识别；针对群桥水域船舶通航风险高，海事监管要求高的现状，应用计算机视觉最新技术，结合大数据仓库，研究群桥水域异常行为船舶视觉自动检测、识别和跟踪，提高内河交通安全监管智能化水平，提高安全预警能力。

1.2 研究意义

本项目的研究科学意义包括以下四个方面：

- (1) 以大数据理论为基础，以某群桥水域为对象，构建内河交通大数据的应用架构，开展 Hadoop、MapReduce、深度学习算法等关键技术研究，丰富水上智能交通工程理论。
- (2) 基于内河交通大数据的应用架构，开展基于 AIS 等结构化数据与 CCTV 视频非结构化数据的多源异构数据时空融合方法研究，丰富水上交通基础数据融合理论；
- (3) 基于深度学习的机器学习技术，开展船舶行为特征提取、行为预测和行为模式识别的研究，有助于把握水上交通安全规律，丰富海事安全科学理论方法。
- (4) 基于计算机视觉最新技术，研究群桥水域异常行为船舶视觉自动检测、识别和自动跟踪预警等，提高电子巡航系统的智能化水平。

本项目的应用前景包括以下两个方面：

- (1) 本研究成果建立的某群桥水域内河交通大数据应用架构，为内河交通大数据体系的建立奠定了基础。
- (2) 本研究成果应用到内河 CCTV 视频监控系统中后，可以提高电子巡航智能化水平，加强海事监管力度，进一步降低海事监管成本。

1.3 国内外研究现状

本项目的研究内容涉及内河交通大数据的应用架构，以及大数据在内河交通领域的具体应用，包括内河交通大数据的融合、船舶异常行为分析以及内河航运船舶视觉检测与跟踪。以下分别阐述国内外研究现状。

1.3.1 内河交通大数据的应用架构

大数据的快速发展，使之成为信息时代的一大新兴产业，并引起了国内外政府、学术界和产业界的高度关注。在政府方面，2012 年，美国政府提出“大数据研究和发展倡



议”，发起全球开放政府数据运动。2014 年，欧盟也呼吁各成员国积极发展大数据，迎接“大数据”时代^[4]。2015 年，我国“十三五”规划建议提出“实施国家大数据战略，推进数据资源开放共享”；在学术界，美国麻省理工大学计算机科学与人工智能实验室建立了大数据科学技术中心，英国牛津大学成立首个综合运用大数据的医药卫生科研中心。我国也于 2012 年成立了大数据专家委员会，教育部也在人民大学成立了“大数据分析与管理国际研究中心”；在产业界，国外著名企业 Google、Facebook、IBM、Microsoft、EMC、DELL、HP 等都将大数据作为主要业务，我国百度、腾讯、阿里巴巴等互联网公司以及华为、浪潮、中兴等国内领军企业也开展了大数据的业务应用研究。

在大数据的具体应用架构的认识和设计方面，国内外学者展开了多方面讨论和研究。文献[5, 6, 7, 8]分析了大数据的体系结构，从大数据的异质性、规模性、时效性和安全性等方面分析了大数据面临的挑战。文献[9, 10]分析大数据的存储、检索、分析和计算趋势，讨论了建立如 Hadoop 等大数据分析平台的必要性。文献[11]提出了大数据具有体量大、类型多、价值密度低、处理速度快等特点，并分析了 IBM、WX2、ParAccel、Sand 等商业大数据分析平台，认为以分析为基础的决策是实现大数据价值的关键。文献[12, 13]从社会文化、政府管理、商业贸易等多角度揭示这些领域的大数据应用特点，认为需要从数据的自主性、不透明性、生成性和差异性设计大数据的具体应用模型。文献[14]分析了道路交通大数据的体系框架，重点从交通大数据的体系架构、基础理论、平台构建技术、服务应用技术作了阐述。

随着大数据技术应用架构的逐渐成熟，大数据在金融业、电信业、零售业、制造业、医疗保健、制药业、道路交通等科学领域得到了实际的应用，大数据在内河交通领域的研究也已经起步。文献[15]探讨了我国海事大数据应用现状、前景和对策，提出从顶层视角做好海事大数据战略规划，找准关键环节和突破口，大力推进海事大数据示范应用。文献[16]分析了大数据在海事管理领域的应用前景，提出构建适应海事发展的大数据顶层设计，彻底扭转“单打独斗、闭门造车”的管理模式，实现现代化管理。文献[17]提出要考虑水运行业当前信息化发展的现状及存在的问题，水运信息化建设在引入“大数据技术”的前提下，应遵循“顶层设计、整合资源、统一标准、互联互通、分步实施”的原则。

综上所述，目前对于内河交通领域的大数据应用架构的具体设计很少，相关理论和应用模式尚停留在初级探索层面，深入研究并构建内河交通大数据典型结构的工作内容尚未看到。因此，以某典型内河航道为对象，开展大数据理论框架的研究已迫在眉睫。

1.3.2 内河交通数据的融合

在内河交通数据的融合方面，文献[18]提出了一种基于 VxWorks 的数据融合系统的设计方案，实现对雷达与 AIS 目标数据的融合处理。文献[19]提出了一种基于联合概率数据关联的雷达和 AIS 数据融合方法，用于海上船舶监控。文献[20]采用 AIS 和雷达数据关联融合的方式提高航迹质量。文献[21]开展了 VTS 与 AIS 信息融合关键技术研究，设计了包



括信息预处理、数据匹配、航迹关联和航迹融合的分布式融合模型。文献[22, 23]提出了一种船载视频与 AIS 信息融合的海上船只目标检测方法,能够快速提取船只目标。文献[24]基于红外探测和可见光视频数据,提出一种航迹预测的 Kalman 数据融合算法,用于对船只撞桥提前预警。文献[25]基于多通道滤波数值的导航数据融合方法,提高内河船舶的运动精度,提高船舶航行安全。

综上所述,在内河交通数据的融合方面,仍然停留在结构化数据融合上,研究的成果集中在使用概率、分布式融合、Kalman 滤波等方法融合数据以实现船舶定位和航迹分析等。非结构化的视频数据包含大量的船舶行为信息,有待进一步开发。因此,需要深入融合多源异构数据,充分挖掘交通大数据的应用价值。

1.3.3 船舶异常行为识别

船舶异常行为识别是通过分析船舶的历史行为特征,采取将需要识别的行为数据的特征与历史行为特征相比对的方法分析船舶行为是否异常。因此目前采用的方法主要有两种:

一是基于专家经验方法。专家经验的有效性依赖于其对异常行为特征和模式掌握的准确度。文献[26]基于 AIS 数据计算两船的相对距离、相对航速以及相对角度,结合专家知识,建立了船舶冲突排名机制,识别异常行为船舶。文献[27]利用船舶领域对船舶冲突排名机制予以优化,减少了专家经验对模型的影响。文献[28, 29]基于 AIS、水文、气象及基础通航要素等信息,计算动态 DCPA 和 TCPA,通过专家咨询,得到船舶的空间危险度和时间危险度,提前识别异常行为船舶。

二是基于传统的数据驱动方法。由于专家经验的准确度、知识库更新的频率以及表述方法都会影响船舶异常行为的判断,随着数据挖掘技术的发展,基于数据驱动识别方法的优势开始慢慢显现。文献[30]针对航速、航向、相对分割距离,采用 K-Means 算法进行聚类分析和孤立点检测,以此作为船舶异常行为的判别依据。文献[31]基于网格技术,采用关联规则算法挖掘船舶多属性行为模式,将获取的知识运用到船舶异常检测。文献[32]利用支持向量机 SVM 处理船舶 AIS 数据并对其建模,获取船舶最优航向和航次模型,用以检测船舶异常行为。文献[33, 34, 35]提出一种无监督的增量学习方法,针对船舶的时空特性以及船舶属性,从历史 AIS 数据中获取船舶的运动轨迹,实现对船舶的航迹预测以及异常检测。文献[36]以从港口管理系统获取的数据作为学习样本,提出一种基于遗传算法的知识发现系统,对船舶行为进行学习以识别异常的船舶。

综上所述,目前对于船舶异常行为的识别主要以 AIS 数据为基础,采用聚类、回归等算法,通过比对航迹特征,识别船舶行为模式,这种靠人工设计出来的行为特征,在有限样本条件下对复杂船舶行为的表达能力有限,其泛化能力也受到制约。因此,需要采用更加智能的机器学习方法对船舶行为进行分析。

深度学习是一种新兴的多层神经网络学习模型,其思想是模拟人类大脑的神经连接结



构, 在处理数据时, 通过组合低层特征形成更加抽象的高层特征表示属性和类别, 以发现数据的分布式特征表示, 进而给出数据的解释^[37, 38]。从 Hinton 发表开创的深度学习算法^[38]后, 文献[39, 40, 41, 42, 43]研究了多种深度学习网络模型, 促进了深度学习的快速发展。近年来深度学习在语音识别、手写识别、计算机视觉、自然语言处理等应用中取得突破性的进展^[44, 45, 46]。鉴于深度学习能够很好的表征复杂事物的特征和模式, 在道路交通行为分析领域也开展了相关研究。文献[47, 48, 49, 50, 51, 52]基于道路交通流大数据, 通过建立深度学习网络模型从无标签的数据集中学习获取可表征数据深层特征的隐层参数并生成新特征集, 并采用回归、BP 神经网络等方法对有标签的新特征集进行学习生成预测分类器, 对交通拥堵状况进行多态预测。文献[53]通过建立深层自动编码器模型学习道路交通流的分层特征表示, 用于交通事故风险等级的预测。

深度学习是一种让计算机自动学习特征模式的方法, 并将特征学习融入到建立的模型过程中, 从而减少了人为设计特征造成的不完备性, 具有很好的泛化能力。目前, 深度学习在道路交通流的特征分析上有了初步的研究, 但是在水上交通行为分析领域的研究尚未开展, 道路交通行为分析对于水上交通的船舶行为分析起到了很好的借鉴作用。未来, 基于深度学习的船舶行为特征和模式研究将大有可为。

1.3.4 内河航运船舶视觉检测与跟踪

目标的视觉检测与跟踪是目前国内外研究和应用的热点。以关键词 visual + “object detecting” 或 visual + “object tracking” 搜索, 在 web of science 共收录相关论文 2, 274 篇, IEEE Xplore 共收录相关论文 2, 144 篇。以关键词 “视觉检测” 或 “视觉跟踪” 搜索, 百度学术收录了 12, 433 篇相关论文, 中国期刊网 CNKI 收录了期刊论文 15, 672 篇, 学位论文 24, 557 篇。这些论文中 2000 年以后占 80% 左右。显见 2000 年以后基于计算机视觉的目标检测和跟踪国内都外开展了大量研究。其研究成果在金融、商业、交通、医疗等领域的应用成果非常突出, 如智能机器人、卫星遥感、无人驾驶汽车、天眼监控以及虚拟内窥镜等都是令人瞩目的。

而内河交通领域开展视觉检测和视觉跟踪的研究团队和专家、学者相对较少, 公开的研究成果不多, 主要是 2010 年以后。到目前为止, 在 web of science 上以 “(inland waterway or river) + ship/vessel detecting” 进行全文搜索, 仅检索到 2 篇学术论文。其中的文献[54]提出了一种在 SAR 图像上检测出船舶的 CFAR 算法, 另一篇文献[55]则是基于红外视频, 利用感兴趣区以及多尺度分形特征实现内河船舶目标检测。以 “(inland waterway or river) + ship/vessel tracking” 进行全文搜索, 仅检索到 2 篇学术论文, 且 2 篇文献均来自武汉理工大学本项目组的研究团队。

在 CNKI 数据库期刊子库以 “内河 + 船舶检测” 或 “视觉 + 船舶检测” 为关键字仅检索到 5 篇相关论文; 以 “内河 + 船舶跟踪” 或 “视觉 + 船舶跟踪” 为关键字仅检索到 7 篇相关论文。从 CNKI 平台的统计了解到: 从事内河航运船舶视觉检测与跟踪的主要研究机



构是南京理工大学、武汉理工大学，各个机构研究成果所占比例依次为 25%以及 41.7%。另外开展相关研究的有上海交通大学、江南大学、广东工业大学和浙江工业大学，基本每个机构只有 1 篇论文，显见这些机构在内河航运船舶视觉检测和跟踪方面还不成气候。南京理工大学研究团队有 3 篇论文，主要以视频图像中的船舶检测为主，从图像相似度算法^[56]和概率速度场讨论了船舶检测算法^[57]，针对复杂条件主要采用基于边缘带周围像素的灰度直方图构造方法^[58]对视频图像进行预处理。而武汉理工大学研究团队在内河航运船舶视觉检测、视觉跟踪以及视频去雾 3 个方面进行了全面、系统、深入的研究，目前在国内外学术期刊上公开发表论文 21 篇，其中 SCI 收录 2 篇，EI 收录 8 篇，10 篇硕博论文。

武汉理工大学研究团队在内河船舶视觉检测的研究中，分别采用混合高斯^[59]、Vibe、Codebook^[60]、视觉注意机制^[61]等方向，结合深度学习研究了内河航运环境下运动船舶的检测算法，解决了水波纹、雾天、雨天的干扰以及慢船检测时出现的空洞。内河船舶视觉跟踪的研究中，该团队通过理论研究和实验手段研究了 50 多种算法并进行客观数据的分析比较，建立了 20G 以上的内河航运船舶检测和跟踪视频标准库文件，推出了内河航运船舶视觉检测和跟踪实验平台。针对环境复杂，船舶尺度变化等干扰提出了检测跟踪协同的船舶视觉检测算法^[62]。针对内河雾天较多，妨碍船舶检测与识别，该团队还提出了两种视频清晰化算法。文献[63]提出了基于复原和增强相结合的图像去雾算法，实现内河雾天图像清晰化。文献[64]利用内河雾天水面景深先验知识和视觉搜索估算视频关键帧的相对景深。

综上所述，目前针对内河群桥水域的环境特点、干扰情况开展的视觉检测和跟踪研究团队少，武汉理工大学的研究团队在内河航运船舶视觉检测和跟踪方向开展了全面、深入的研究。但是单纯应用视觉技术实现船舶识别难度大。融合 AIS 等结构化数据，将有助于提高视觉检测、定位、识别和跟踪的准确率，将实现内河航运异常行为船舶的视觉自动检测和及时跟踪。

1.3.5 发展动态分析

随着我国经济快速发展，交通流密度增大，航运环境更加复杂，对海事监管的要求越来越高。目前，数字化航道以及“互联网+”的信息化环境逐步形成，海事监管的发展将主要体现在以下两个方面：

（1）大数据分析将成为海事监管和决策科学化的重要支撑

当今，中国真正步入了“大数据时代”，大数据的应用极大地拓展了海事部门决策的信息边界和条件，并促进决策方法的创新。在大数据环境下，基于“经验”的决策模式将转向基于“实证”的决策模式。未来，随着大数据的深度融合，基于数据的“事实”将会成为海事部门各层面决策的重要依据，使数据成为真正的“决策人”。基于对数据专业化分析后得出的“客观判断”，将成为海事部门科学决策、精准决策和有效决策的重要支撑。



(2) 基于机器学习和计算机视觉的船舶行为分析和识别是海事智能监管的重要方向

随着机器学习和计算机视觉技术的快速发展,必将对海事监管智能化产生极大的促进作用。通过应用大数据,采用机器学习方法,更深层次提取船舶行为特征,预测船舶行为和识别船舶行为模式,能够让海事部门更好地掌握复杂的交通环境状态和船舶行为动态,更好地把握水上交通安全规律;通过应用大数据,采用计算机视觉的船舶检测、识别和跟踪技术,在视频上自动识别、跟踪异常行为船舶,能极大提升海事应急管理的监测预警、快速响应和高效处置的能力,更好地保障水上交通和环境安全。

参考文献

- [1] 郝勇,李翌阳,陈仕祥,等. 电子巡航系统信息特征及在海事监管中的应用[J]. 中国航海, 2014, 37(1):11-15.
- [2] 长江海事局. 长江海事强化电子巡航 全年提供交通服务 29 万余次[EB/OL]. http://www.cjhy.gov.cn/hangyundongtai/dianziqikan/201210/t20121023_224406.html.
- [3] 徐武雄,初秀民,等. 船舶交通流建模与仿真研究进展[J]. 水利水运工程学报, 2014(6):91-99.
- [4] 李学龙,龚海刚. 大数据系统综述[J]. 中国科学:信息科学, 2015, 45(1):1-44.
- [5] Labrinidis A, Jagadish H V. Challenges and opportunities with big data[J]. Proceedings of the VLDB Endowment, 2012, 5(12):2032-2033.
- [6] Chen X W, Lin X. Big Data Deep Learning: Challenges and Perspectives[J]. IEEE Access, 2014, 2:514-525.
- [7] Silberstein A, Machanavajjhala A, Ramakrishnan R. Feed following: the big data challenge in social applications[C]// ACM SIGMOD Workshop on Databases and Social Networks, Dbsocial 2011, Athens, Greece, June. DBLP, 2011:1-6.
- [8] Anagnostopoulos I, Zeadally S, Exposito E. Handling big data: research challenges and future directions[J]. The Journal of Supercomputing, 2016, 72(4):1494-1516.
- [9] Bohlouli M, Schulz F, Angelis L, et al. Towards an Integrated Platform for Big Data Analysis[M]// Integration of Practice-oriented Knowledge Technology: Trends and Prospectives. 2012:47-56.
- [10] Agneeswaran V S. Big-Data – Theoretical, Engineering and Analytics Perspective[M]// Big Data Analytics. 2012:8-15.
- [11] Singh S, Singh N. Big Data analytics[C]// International Conference on Communication, Information and Computing Technology. 2012:1-4.
- [12] Sagioglu S, Sinanc D. Big data: A review[C]// International Conference on Collaboration Technologies and Systems. 2013:42-47.
- [13] Ekbia H, Mattioli M, Kouper I, et al. Big data, bigger dilemmas: A critical review[J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2015, 66(8):1523-1545.
- [14] Agneeswaran V S. Big-Data – Theoretical, Engineering and Analytics Perspective[M]// Big Data Analytics. 2012:8-15.
- [15] 罗本成,许世博. 我国海事大数据应用现状、前景及对策[J]. 水运管理, 2016, 38(5):5-8.
- [16] 丁晓平. 大数据时代的海事管理变革[J]. 工程技术(全文版), 2017(2):00097-00098.
- [17] 桑学昆. “大数据技术”在交通水运行业中的应用思考[J]. 数字化用户, 2014.
- [18] 刘雄杰,杨剑锋,郭成城. 基于 VxWorks 的数据融合系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2016, 37(3): 623-628.
- [19] Habtemariam B, Tharmarasaa R, McDonald M, et al. Measurement level AIS/radar fusion[J]. Signal Processing, 2015, 106: 348-357.
- [20] 石子焯,焦秀珍. 基于 AIS 实时测量雷达性能的多雷达数据融合[J]. 现代计算机, 2016(18): 9-13, 17.
- [21] 于俊逸,陈伟,刘建,等. 内河航运 VTS 与 AIS 信息融合关键技术研究[J]. 交通信息与安全, 2013, 31(6): 113-118.
- [22] Yang C S, Kim T H, Hong D, et al. Design of integrated ship monitoring system using SAR, RADAR, and AIS[J]. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2013, 8724(5):872411-872411-6.
- [23] Yuan H, Xiao C, Wen Y, et al. The ais-aid vision measuring method for vessel positioning[C].



2016.

- [24] 曾科伟, 刘作飞, 蒋明贵, 等. 长江上游控制河段船舶识别及通行指挥技术探讨[J]. 水道港口, 2014(5): 563-566.
- [25] Shu W, Hui R, Xiao Y, et al. Active early-warning system for bridge piers against ship collision and its performance analysis[J]. China Journal of Highway and Transport, 2012, 25(6): 94-100.
- [26] Zhang W, Goerlandt F, Montewka J, et al. A method for detecting possible near miss ship collisions from AIS data[J]. Ocean Engineering, 2015, 107: 60-69.
- [27] Zhang W, Goerlandt F, Kujala P, et al. An advanced method for detecting possible near miss ship collisions from AIS data[J]. Ocean Engineering, 2015, 15(124): 141-156.
- [28] 桑凌志, 毛喆, 张文娟, 等. 基于航迹预测的实时船舶安全预警方法[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(8): 164-169.
- [29] 桑凌志, 毛喆, 张文娟, 等. 内河多桥梁水域船舶安全航行预警系统实现[J]. 中国航海, 2014, 37(4): 34-39.
- [30] Perera L P, Carvalho J P, Soares C G. Decision making system for the collision avoidance of marine vessel navigation based on COLREGs rules and regulations[C]// Congress of Intl. Maritime Assoc. of Mediterranean. 2009.
- [31] De Vries G K D, Van Someren M. Machine Learning for Vessel Trajectories Using Compression, Alignments and Domain Knowledge[J]. Expert Systems With Applications, 2012, 15(39): 13426-13439.
- [32] 朱飞祥, 张英俊, 高宗江. 基于数据挖掘的船舶行为研究[J]. 中国航海, 2012, 35(2): 50-54.
- [33] Kim J S, Jeong J S. Pattern Recognition of Ship Navigational Data Using Support Vector Machine[J]. Microelectronics Reliability, 2015, 15(4): 268-276.
- [34] Pallotta G, Vespe M, Bryan K. Vessel Pattern Knowledge Discovery from AIS Data: A Framework for Anomaly Detection and Route Prediction[J]. Entropy, 2013, 15(6): 2218-2245.
- [35] Pallotta G, Vespe M, Bryan K. Traffic knowledge discovery from AIS data[C]// International Conference on Information Fusion. 2013: 1996-2003.
- [36] Pallotta G, Vespe M, Bryan K. Traffic Route Extraction and Anomaly Detection from AIS Data[C]// COST MOVE Workshop on Moving Objects at Sea. 2013.
- [37] Lecun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning[J]. Nature, 2015, 521(7553): 436-444.
- [38] Hinton G, Osindero S, Teh Y. A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets[J]. Neural Computation, 2006, 18(7): 1527.
- [39] Lee H, Pham P T, Yan L, et al. Unsupervised feature learning for audio classification using convolutional deep belief networks[C]// Advances in Neural Information Processing Systems 22: Conference on Neural Information Processing Systems 2009. Proceedings of A Meeting Held 7-10 December 2009, Vancouver, British Columbia, Canada. DBLP, 2009: 1096-1104.
- [40] Larochelle H, Bengio Y, Louradour J, et al. Exploring Strategies for Training Deep Neural Networks[J]. Journal of Machine Learning Research, 2009, 1(10): 1-40.
- [41] Hinton G E. A Practical Guide to Training Restricted Boltzmann Machines[J]. Momentum, 2012, 9(1): 599-619.
- [42] Ranzato M, Boureau Y L, Lecun Y. Sparse feature learning for deep belief networks[C]// Advances in Neural Information Processing Systems. 2007: 1185-1192.
- [43] Bengio Y. Learning Deep Architectures for AI[J]. Foundations & Trends® in Machine Learning, 2009, 2(1): 1-55.
- [44] Mikolov T, Deoras A, Povey D, et al. Strategies for training large scale neural network language models[C]// Automatic Speech Recognition and Understanding. IEEE, 2011: 196-201.
- [45] Hinton G, Deng L, Yu D, et al. Deep Neural Networks for Acoustic Modeling in Speech Recognition: The Shared Views of Four Research Groups[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2012, 29(6): 82-97.
- [46] Jean S, Cho K, Memisevic R, et al. On Using Very Large Target Vocabulary for Neural Machine Translation[J]. Computer Science, 2014.
- [47] 谭娟, 王胜春. 基于深度学习的交通拥堵预测模型研究[J]. 计算机应用研究, 2015, 32(10): 2951-2954.
- [48] 罗向龙, 焦琴琴, 牛力瑶, 等. 基于深度学习的短时交通流预测[J]. 计算机应用研究, 2017(1): 91-93.
- [49] Lv Y, Duan Y, Kang W, et al. Traffic Flow Prediction With Big Data: A Deep Learning Approach[J]. Intelligent Transportation Systems IEEE Transactions on, 2014, 16(2): 1-9.
- [50] Duan Y, Lv Y, Liu Y L, et al. An efficient realization of deep learning for traffic data imputation[J]. Transportation Research Part C, 2016, 72: 168-181.
- [51] And J B, Sohn K. Deep-Learning Architectures to Forecast Bus Ridership at the Stop and Stop-To-



- Stop Levels for Dense and Crowded Bus Networks[J].
- [52] Huang W, Song G, Hong H, et al. Deep Architecture for Traffic Flow Prediction: Deep Belief Networks With Multitask Learning[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2014, 15(5):2191-2201.
- [53] Chen Q, Song X, Yamada H, et al. Learning Deep Representation from Big and Heterogeneous Data for Traffic Accident Inference[C]// Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2016.
- [54] Zhang F, Tian Y. Illicit vessel identification in inland waters using SAR image[J]. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, 2006, 6419:3144 - 3147.
- [55] 刘俊. 面向船舶避碰预警的红外运动船舶检测与跟踪[J]. 光电工程, 2010, 37(9):8-13.
- [56] 曹雨龙, 杨静宇. 一种新颖的图像相似性测度[J]. 南京理工大学学报, 2000, 24(4):350-352.
- [57] 曹雨龙, 任明武, 杨静宇, 等. 基于概率速度场的实时船舶检测[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(12):1220-1224.
- [58] 任明武, 曹雨龙, 杨静宇, 等. 复杂条件下的船舶目标检测的图象预处理[J]. 计算机工程, 2000, 26(10):68-70.
- [59] 滕飞, 刘清, 朱琳, 李静. 波纹干扰抑制下内河 CCTV 系统运动船舶检测[J]. 计算机仿真, 2015.01.01, 32(6): 247-250.
- [60] Lu P, Liu Q, Teng F, et al. Inland Moving Ships Detection via Compressive Sensing and Saliency Detection[M]// Proceedings of 2016 Chinese Intelligent Systems Conference. Springer Singapore, 2016.
- [61] 叶玲利. 内河视频监控中船舶运动检测和遮挡分离算法研究[D], 武汉理工大学, 2013.
- [62] 滕飞. 基于视觉的内河重点水域船舶跟踪算法研究[D]. 武汉理工大学, 2016.
- [63] 黄明晶, 刘清, 熊燕帆. 面向内河雾天图像的大气光亮度值估算方法研究[J]. 交通信息与安全, 2013, 31(3):33-38.
- [64] 刘清, 熊燕帆, 黄明晶. 基于内河单幅图像的去雾算法研究[J]. 交通信息与安全, 2014(1):84-90.



2. 项目的研究内容、研究目标，以及拟解决的关键科学问题（此部分为重点阐述内容）；

2.1 研究内容

本项目以智能交通工程为对象，以大数据、机器学习、计算机视觉等最新技术为手段，研究一种基于大数据的群桥水域船舶行为分析与异常行为船舶视觉跟踪的新思路、新方法。主要研究包括三个方面：一是研究基于 Hadoop 的内河交通大数据应用模型的构建方法；二是研究基于深度学习算法的船舶行为特征和模式；三是研究群桥水域异常行为船舶视觉自动检测、识别和跟踪算法。研究内容的整体框架和各研究内容之间的关联性如下图所示图 3 所示。以下从三个方面分别详细阐述其研究内容。

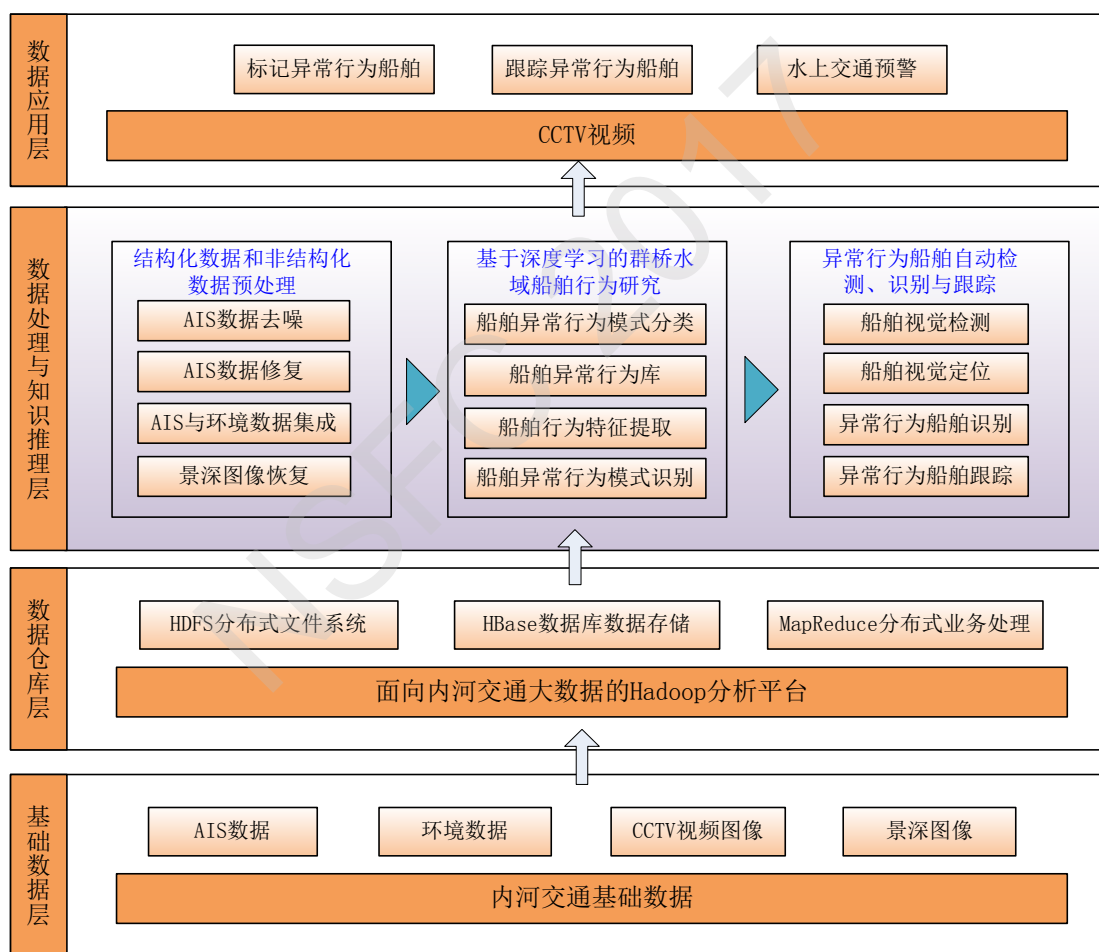


图 3 研究内容框架

2.1.1 基于 Hadoop 的内河交通大数据应用模型的建立

内河交通大数据包括高维度的结构化数据如 AIS 和环境信息等，以及非结构化数据如 CCTV 视频图像和景深图像等。面对数据规模的扩大、数据类型的增加、数据变化速度加快，海量信息的存储、实时处理、数据搜索、数据挖掘等信息处理能力面临新的挑战，需要建立可靠、高效、动态可伸缩的大数据分析平台。同时为保证内河交通大数据的可用性，需要对数据进行预处理。本研究内容重点研究以下问题：



（1）建立面向内河交通大数据的 Hadoop 分析平台

基于 Hadoop 大数据分析平台基础架构，研究面向内河交通大数据的 HDFS 分布式文件高效管理方法；研究适用于结构化和非结构化数据的 HBase 数据库存储方法；深入分析内河海事智能监管的典型应用业务，研究基于 MapReduce 的分布式业务并行处理方法。以此建立面向内河交通大数据的 Hadoop 分析平台。

（2）结构化数据预处理

研究子空间动态聚类算法，检测 AIS 离群点数据，去除冗余、孤立、异常的数据；分析 AIS 横向信息（动态和静态信息）和纵向信息（时空序列信息）的相关性，研究数据缺失属性以及航迹点缺失的补充方法，保证数据的完整性和一致性；研究 AIS 和环境数据的时空相关性，集成 AIS 和环境数据；针对 AIS 数据维度高，在进行复杂的数据分析和挖掘时需要很长时间的问题，研究 AIS 数据规约方法。以此建立可靠的内河交通结构化数据。

（3）非结构化数据预处理

针对原始景深图像质量较差的问题，研究景深图像快速恢复方法；为了保持 CCTV 视频图像和景深图像的时空一致性，研究景深图像更新方法，便于利用景深图像实现船舶视觉定位。以此建立可用的内河交通非结构化视频数据。

2.1.2 基于深度学习的群桥水域船舶行为分析

船舶行为分析是获取船舶在各种交通形态、环境条件和海事管理下的行为特征和模式，从而预测船舶行为，识别船舶异常行为。以某典型内河群桥水域为例，重点研究以下内容：

（1）船舶行为模式的分类方法

船舶行为模式分类是船舶异常行为识别的前提。深入分析群桥水域的船舶交通形态、环境条件和海事管理等多因素，研究船舶行为模式的分类方法，建立完善的船舶异常行为模式类别。

（2）船舶异常行为库的构造方法

船舶异常行为库是研究船舶行为的基础。研究历史 AIS 数据的船舶行为模式标记方法；研究异常行为数据不足情况下的构造方法。综合建立带模式标签的船舶异常行为库。

（3）基于深度学习的群桥水域船舶行为分析

针对高维度、多类别的船舶行为数据，选择合适的深度学习模型，设计模型结构深度，研究无监督和有监督的训练学习算法，以及损失函数的构造方法；提取模型各层输出的船舶行为低维度特征，并对其特征规律进行分析，理解各层特征内涵；基于建立的深度学习模型，研究预测和识别船舶行为的方法。

2.1.3 群桥水域异常行为船舶视觉自动检测、识别与跟踪

群桥水域异常行为船舶视觉自动识别与跟踪是通过深度融合非结构化的 CCTV 视频数据和结构化的 AIS 等数据，采用船舶视觉检测、定位和跟踪算法实现的。不同于一般航段



的内河船舶视觉检测与跟踪，群桥水域存在船舶遮挡、背景更复杂、光照变化大、投射阴影干扰等问题，增加了船舶检测与跟踪的难度。本内容重点解决如下问题：

(1) 船舶视觉检测方法

研究群桥水域背景建模与前景区域的提取方法；研究船舶目标的区域分割方法；研究智能分类器的设计方法，实现多船舶的快速检测。

(2) 船舶视觉定位方法

研究基于 CCTV 视频图像的船舶检测信息、景深信息以及摄像机标定参数的船舶三维空间定位方法。

(3) 异常行为船舶视觉自动识别方法

研究多源信息下的船舶时空一致定位和船舶目标关联方法，实现异常行为船舶在 CCTV 视频上自动识别。

(4) 船舶视觉跟踪方法

研究群桥水域船舶特征提取方法；研究船舶在线检测器，实现船舶的准确分类；研究在线学习器，对跟踪和检测结果在线修正；研究适应光照亮度变化的多目标船舶鲁棒跟踪算法。

2.2 研究目标

本项目研究目标包括：

(1) 建立面向内河交通大数据的应用模型。用于整个系统的数据采集、数据存储、数据处理以及数据分析和挖掘。

(2) 建立群桥水域船舶异常行为库。用于研究船舶行为特征和模式。

(3) 设计一种应用于群桥水域船舶行为分析的深度学习模型。用于提取船舶行为特征，理解特征内涵，预测船舶行为，识别船舶行为模式。

(4) 设计一种深度融合多源异构数据的船舶视觉自动检测、识别与跟踪方法。用于在视觉上自动识别并持续跟踪异常行为船舶。

2.3 拟解决的关键科学问题

(1) 内河交通大数据应用模型的建立问题

当前，海事的信息化系统建设多，信息孤岛现象在一定程度上仍然存在，要彻底扭转“单打独斗、闭门造车”的管理模式，实现现代化管理，要从根本上制定大数据的应用模型。以感知船舶为主线，智能视频监控任务为突破口，Hadoop 的大数据分析平台为依托，建立广泛互联、深度融合、智能应用的模型，是本项目需要解决的首要关键科学问题。

(2) 群桥水域船舶行为特征表示问题

群桥水域桥梁众多，水流复杂，航道繁忙，船舶行为多样，具体体现在人、船、桥、环境和管理等多因素数据上，数据的无边界分布与动态演化打破了各因素之间的独立同分布的假设，因而人为设计的特征缺乏对异构、复杂数据的有效表示。而船舶行为特征蕴含



于海量的内河交通大数据中，如何从大数据中直观揭示船舶行为特征和规律，从而预测和识别船舶行为是本项目拟解决的关键科学问题之一。

（3）群桥水域异常行为船舶视觉自动检测、识别和跟踪问题

群桥水域船舶外形多样，特征无法统一，船舶航行中相互遮挡，桥面遮挡，而且运动背景复杂，光照条件变化大，阴影干扰严重。针对船舶识别问题，单纯从船舶视觉分析的角度识别出船舶难度很大，而且准确性不高，要识别出异常行为的船舶将更加困难；在船舶检测和跟踪方面，目前针对通用目标和简单场景下的船舶目标背景分割技术和特征提取技术并不适用于群桥水域的船舶检测和跟踪，而精确的船舶目标分割和特征提取是保证船舶检测和跟踪准确性和有效性的关键。因此，针对群桥水域环境，实现船舶的视觉自动检测、识别和跟踪是本项目拟解决的又一关键科学问题。

3. 拟采取的研究方案及可行性分析（包括研究方法、技术路线、实验手段、关键技术等说明）

本项目的主要研究内容分为三个方面，在阐述拟采取的研究方案及可行性分析时分别按照三个方面来阐述。

3.1 基于 Hadoop 的内河交通大数据应用模型的建立

基于 Hadoop 的内河交通大数据应用模型是本项目研究的基础，其具体研究如下：

3.1.1 研究方法

（1）面向群桥水域交通大数据的 Hadoop 分析平台建立方法

Hadoop 是主/从（Master/Slave）架构，其分析平台建立拟采用的主要步骤为：

Step1：配置多台 PC 机的 Hadoop 集群环境，在 Master 节点上设置管理者文件系统程序（NameNode）、监控 HDFS 状态的辅助后台程序（secondary NameNode）以及连接应用程序的后台程序（JobTracker），在 Slave 节点上设置文件系统的工作节点程序（DataNode）和任务提交程序（TaskTracker）。

Step2：根据群桥水域数据资源的特性，建立不同数据的采集方法：针对 AIS 数据，采用 AIS 接收机采集群桥水域的船舶通航信息和从海事管理部门的数据库中获取大量的历史 AIS 数据；针对环境数据，从水文、气象等部门的服务器获取；针对视频图像和景深图像，通过在群桥水域架设工业摄像头采集。数据都通过以太网传输到 Hadoop 分析平台。

Step3：为 PC 机开辟存储空间，设计合理的 HDFS 分布式文件系统管理方案，将多源异构数据按列存储在 HBase 数据库中，将 HBase 中的所有数据文件存储在 HDFS 文件系统上。

Step4：将群桥水域的海事应用任务分解细化，建立大数据预处理、船舶行为分析、船舶视觉检测、船舶视觉识别和船舶视觉跟踪等各项子任务。通过 MapReduce 编程模型将子任务映射（Map）到各 PC 节点进行单独处理，每个节点会周期归约（Reduce）所完成的工



作和最新的状态。在进行任务分配时，尽量考虑利用 JobTracker 程序把数据处理向数据迁移，计算节点首先尽量负责计算其本地存储的数据，发挥数据本地化的特点，当节点无法处理本地数据时，再采用就近原则寻找其他可用计算节点，并将数据传送到该可用计算节点。

Step5: 通过 JobTracker 程序，完成不同应用之间的数据交互，进而实现数据预处理为船舶行为分析和船舶视觉分析提供可靠的数据，实现船舶行为分析为船舶视觉识别提供 AIS 定位信息和船舶异常行为模式信息，实现船舶视觉检测为船舶识别提供船舶特征信息和船舶视觉定位信息。最终通过深度融合上述信息，实现异常行为船舶视觉自动识别与跟踪。

(2) 结构化数据预处理方法

主要是对 AIS 数据和环境数据进行预处理，预处理主要步骤为：

Step1: 拟采用改进的低秩稀疏子空间动态聚类 (DLRRS) 算法，对 AIS 船舶静态和动态信息进行聚类，将类似的、光滑的数据组织成群或“簇”，落在簇集合之外的数据被标记为噪声数据，对噪声数据进行过滤；

Step2: 针对聚类簇，结合 AIS 动态信息差值差异分析方法和静态信息上下文匹配方法，去除冗余数据，修复缺失数据；

Step3: 针对缺失航迹点数据，在船舶航行直线段采用线性插值方法、在圆弧段采用样条插值法补充航迹点；

Step4: 采用关联分析方法，集成 AIS 和环境数据，保证数据的时空一致性。

Step5: 对 AIS 数据进行维度规约，去掉关联性不大的属性值，降低 AIS 数据的维度。

低秩稀疏子空间聚类 (DLRRS) 算法是将大规模的数据集矩阵 $Y \in R^{m \times n}$ 按列分割成 t 个小规模的数据矩阵 $\{Z_1, Z_2, \dots, Z_t\}$ ，然后再对 t 个小规模数据矩阵进行并行处理。其中第 i 个低秩子空间分割 (LRR) 问题的处理形式为：

$$\begin{aligned} \min & \|C_i\|_* + \lambda \|E_i\|_L, \\ \text{s.t.} & Z_i + YC_i + E_i \end{aligned} \quad (1)$$

其中 $C \in R^{n \times n}$ 是数据集矩阵的低秩表示， E 对应稀疏的干扰矩阵。

DLRRS 算法步骤：

Step1: 输入数据集 $Y \in R^{m \times n}$ 和类别数 u ；

Step2: 解决核范数最小化式 (1) 得到 $C = [c_1, c_2, \dots, c_n]$ ；

Step3: 得到相似度矩阵 $W = |C| + |C|^T$ ；

Step4: 对相似度矩阵 W 使用谱聚类；

Step5: 输出数据集矩阵 Y 的类分配。



(3) 非结构化数据预处理方法

主要是对 CCTV 视频图像和景深图像进行预处理，拟采用如下方法：

Step1: 利用改进的双边滤波和中值滤波方法对原始景深图像进行滤波处理，填充空洞且保持图像的边缘信息，消除孤立点的影响，平滑景深图像；

Step2: 对修复后的景深图像和 CCTV 视频图像，利用时空上下文信息进行协同关键帧检测，得到关键帧序列。

Step3: 基于关键帧序列，采用联合隐马尔科夫链模型（HMM）的关键帧对齐方法来保持景深图像和 CCTV 视频图像的时空一致性。

3.1.2 技术路线

技术路线上，主要建立数据采集、处理与数据挖掘任务为一体的内河交通大数据应用模型，具体技术路线如下图 4 所示。

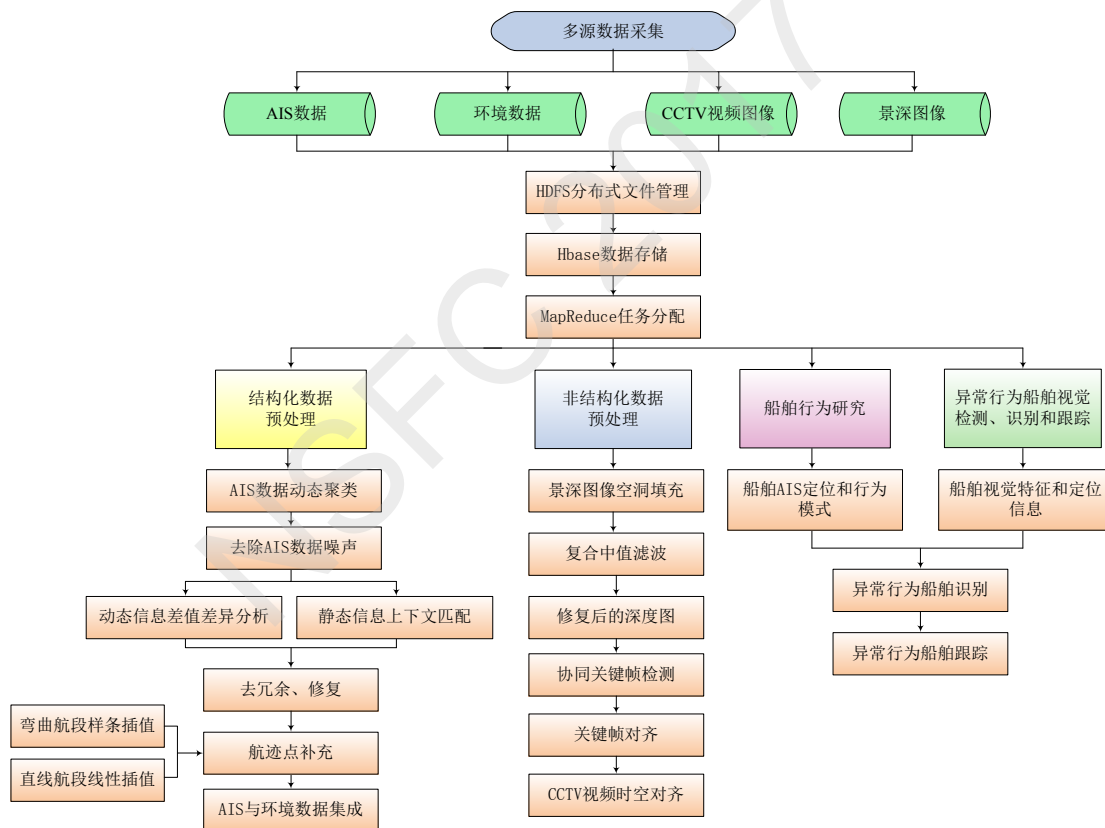


图 4 基于 Hadoop 的内河交通大数据应用模型的建立

3.1.3 实验手段

在实验手段上，利用实验室已具备的 6 台高性能的 PC 机，建立面向内河交通大数据的 Hadoop 分析平台。采用多源数据采集终端实现数据的采集，以太网实现数据的传输，核心交换机用于数据的交换，HDFS 实现文件系统的管理，HBase 数据库实现数据的存储，MapReduce 用于分布式业务处理。具体如下图 5 所示。



图 5 基于 Hadoop 的内河交通大数据应用模型

3.1.4 关键技术

传统的数据处理框架在处理结构化数据具有天然的优势，而面对半结构化以及非结构化的数据就有些力不从心了，随着数据规模的扩大、数据类型的增加、数据变化率的提高，数据处理的效率越来越低，不利于系统的实时响应。因此，设计集成分布式数据处理、数据存储和数据挖掘的高效、可伸缩的 Hadoop 分析平台是本项目的一项关键技术。

AIS 数据去噪过程中需要使用聚类方法检测离群点数据，传统的聚类算法在有新的数据加入时只能重新聚类、不具备增量学习。当 AIS 数据量过大时，聚类算法的运行时间和计算机系统的开销将大大增加，严重降低了数据预处理的实时性，不利于后续预测船舶行为。因此，设计快速动态聚类算法是结构化数据预处理的关键技术。

由于群桥水域的光照变化影响、物体表面材质的红外反射特性等原因，在物体的边缘和遮挡区域容易产生噪声和深度数据缺失，导致原始景深图像质量较差。此外，景深图像和 CCTV 视频图像在时空不一致。因此，如何快速准确地对景深图像进行修复并且保持景深图像和 CCTV 视频图像的时空一致性，是本项目的一项关键技术。

3.2 基于深度学习的群桥水域船舶行为分析

船舶行为分析是基于 Hadoop 的内河交通大数据应用模型里的分支任务，拟采取的方法和技术路线如下：



3.2.1 研究方法

(1) 群桥水域船舶异常行为模式分类

依据专家经验以及群桥水域船舶航行相关规则，深入分析人、船、桥、环境和管理等多因素下群桥水域船舶异常行为模式类别：

1) 运动异常

主要分为：航速异常（速度太高、速度太低、游荡等）以及航迹异常（非法侵占他船领域、船撞桥、没有驶向目的地、航迹终止、不正常航线形状等）。

2) 位置异常

主要分为：离开历史航迹、不在合法位置（在航道外航行、不在规定的区域内活动、驶向危险区、入侵禁区、岸边会船等）。

3) 船只管理异常

主要分为：机载 AIS 未开启、船只有备案记录等。

(2) 船舶异常行为库的构造方法

1) 结合海事管理部门对历史异常交通的备案记录，依据船舶异常行为模式类别，对历史 AIS 数据的船舶行为模式进行标记，建立船舶异常行为库。

2) 针对异常行为模式样本不足的问题，采用船舶操纵模拟器模拟船舶行为的方法补充船舶异常行为库。全任务型船舶操纵模拟器是助航仪器、雷达、电子海图显示与信息系系统、无线电通讯等为一体的综合智能导航模拟平台。

船舶异常行为库的补充方法如下：

依据船舶异常行为模式类别，设计不同的船舶模拟航行方案。在专家的指导下，设计不同航线，模拟各种类型、大小的船舶（杂货船、散货船、客船、油船、液化气船、化学品船、高速船、超大型船舶、拖轮等）在不同水域（沿岸、狭水道、内河）、不同天气及能见度（晴天、多云、阴天、雾、雨）、不同水况（风、浪、流、水位）、不同时间条件下（白天、夜晚连续可变）的航行及避碰，利用电子海图显示与信息系系统可以获取航行相关数据，并对模拟数据加上行为模式标签，补充船舶异常行为库。

(3) 多类别船舶行为深度学习模型

深可信网络（DBN）是目前研究和应用比较广泛的深度学习结构，由一系列受限玻尔兹曼机（RBM）单元组成，RBM 是一种双向概率图模型，包含可视层 v 和隐层 h ，可视层与隐层是双向全连接，可视层与可视层、隐层与隐层之间无连接。一般视所有可视层和隐层节点都是随机二值变量节点（0 或 1）。 v 为可观察的数据， h 从数据中提取特征。

RBM 网络的输入层 v 和隐层 h 的能量函数为：

$$E(v, h; \varphi) = -\sum_i b_i v_i - \sum_j c_j h_j - \sum_{i,j} v_i h_j w_{ij} \quad (2)$$

其中 v_i 和 h_j 是可视层和隐层的网络节点值， b_i 和 c_j 是可视层和隐层节点阈值， w_{ij} 是



连接两层之间的权值。在 v_i 已知的情况下，所有隐层节点之间是条件独立的，即：

$$p(h|v) = p(h_1|v)p(h_2|v)\cdots p(h_n|v) \quad (3)$$

可视节点和隐层节点的联合概率分布为：

$$p_\phi(v, h; \phi) = \frac{1}{Z(\phi)} \prod_{ij} e^{w_{ij}v_i h_j} \prod_i e^{b_i v_i} \prod_{ij} e^{c_j h_j} \quad (4)$$

其中 $Z(\phi) = \sum_{h,v} \exp(-E(v, h; \phi))$ 为配分函数。

在 v_i 已知时，隐层节点 j 为 0 或 1 的概率为：

$$p(h_j = 1|v) = \frac{1}{1 + \exp(-\sum_i w_{ij}v_i - c_j)} \quad (5)$$

在 h_j 已知时，可视层节点 i 为 0 或 1 的概率为：

$$p(v_i = 1|h) = \frac{1}{1 + \exp(-\sum_j w_{ij}h_j - b_i)} \quad (6)$$

通过 $p(v|h) = \prod_i p(v_i|h)$ 就可以重构得到新的可视层。

对于一个 n 层的深度学习模型，其训练过程为：首先是自底向上无监督预训练学习。用无标签数据训练第一层的参数，由于模型的稀疏性约束，使得模型能够学习到数据本身的结构，从而得到比输入更具有表示能力的特征；在学习到第 $n-1$ 层后，将 $n-1$ 层的输出作为第 n 层的输入，训练第 n 层，由此分别得到各层的参数。预训练结束后，在最后一层，采用有监督的 BP 训练学习算法，利用带标签训练样本的重构误差率与分类误差率自顶向下微调多层模型的参数。主要工作内容有：

1) 建立船舶行为深度学习模型

由于船舶行为类别多，本项目拟设计一种基于高斯过程受限玻尔兹曼机（GCRBM）的多类别船舶行为深度学习模型，对多类船舶行为时序建立多个深可信网络（DBNs）模型，每个深网分别学习多类低维特征，然后利用低维特征对于训练多个 GCRBM 模型。多类别船舶行为深度学习模型如下图 6 所示。

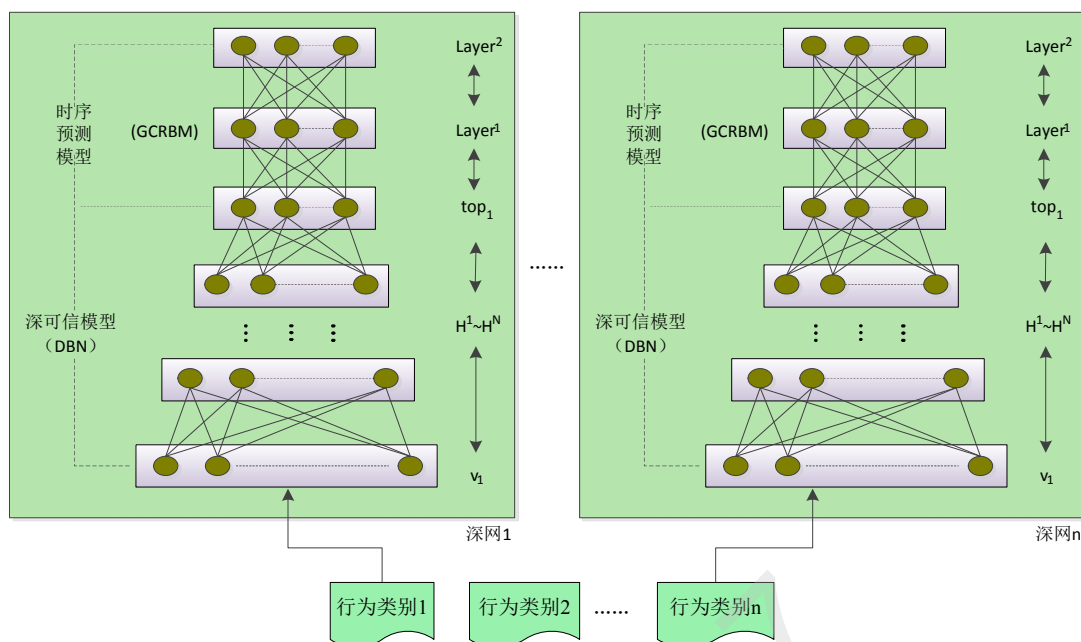


图 6 多类别船舶行为深度学习模型

2) 设计训练算法

对深度学习模型参数调优最关键的在于设计学习算法。传统的自底向上非监督预训练采用的是贪婪算法，这种算法无需回溯，尽管得到的每层解都是当前最佳解，但由此产生的全局解不一定是最佳解。本项目提出一种基于双 δ 势阱的量子粒子群算法获取模型参数的全局最优解。

量子 PSO 算法以量子力学为思想基础，定义粒子具有与量子相似的行为，粒子不再按照经典力学中描述的运动轨迹的方式进行位置和速度的更新，其取值是不连续的，而是跳跃的。量子 PSO 预训练算法过程如下：

Step1: 产生一定数目的种群数量，寻找当前状态的个体极值和种群极值，设定损失函数作为判断系统稳定性的依据：

$$L = \frac{1}{2} \|y - h_{w,b}(x)\|^2 \quad (7)$$

其中 y 为由标签数据的类别标签， $h_{w,b}(x)$ 为输入 x 经过深网后的输出。

Step2: 判断当前损失函数值是否达到要求，若 $L < T_{\min}$ ，迭代进行该算法的更新和计算。

Step3: 对于种群的每一个粒子，位置更新方式为：

$$x_{id}(t+1) = G_d(t) \pm \alpha |C_d(t) - x_{id}(t)| \pm \beta |G_d(t) - x_{id}(t)| \quad (8)$$

其中 $x_{id}(t)$ 为 t 时刻的粒子位置， $G_d(t)$ 为 t 时刻的种群最优解， $C_d(t)$ 为 t 时刻所有粒子的平均最优解， α, β 为收敛系数。

Step4: 根据更新得到的新的粒子，计算当前网络的适应度值，更新个体最优和种群最



优。

Step5: 判断损失函数是否达到要求, 若 $L \geq T_{\min}$, 转向 Step2。

3) 船舶行为预测和识别

基于多类别的船舶行为深度学习模型, 船舶行为预测和识别的流程如下图 7 所示。

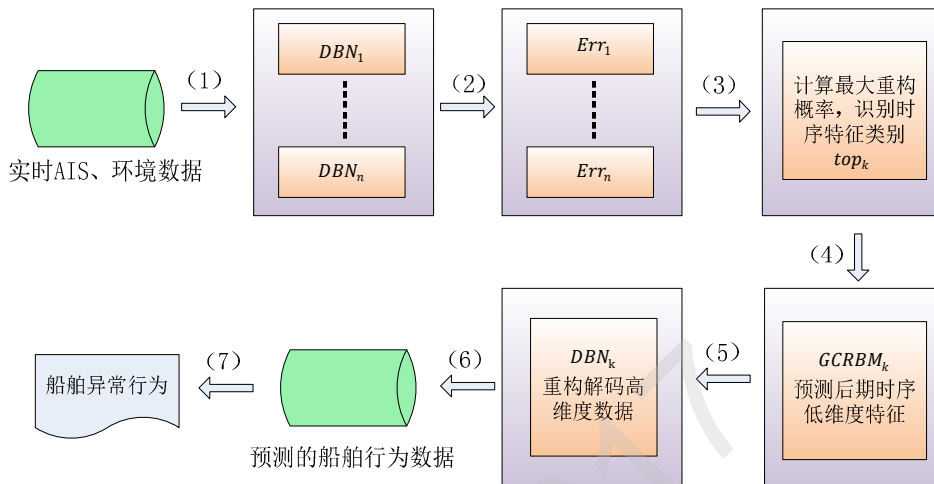


图 7 船舶行为预测和识别流程

具体步骤如下:

Step1: 输入一组实时的 AIS 和环境数据, 遍历深可信网络组 $DBN_1 \sim DBN_n$ 。

Step2: 通过 $DBN_1 \sim DBN_n$ 的训练学习得到重构误差 $Err_1 \sim Err_n$ 。

Step3: 通过 n 个重构误差计算网络对数据的最大重构概率, 识别船舶的行为类别 k 。

Step4: 利用相对应的类别的 DBN_k 的低维特征 top_k 作为对应行为类别预测模型 $GCRBM_k$ 的输入来预测后期行为的低维特征。

Step5: 利用相对应类别的 DBN_k 解码重构出 AIS 高维数据。

Step6: 获取预测的船舶行为数据。

Step7: 识别出船舶异常行为。

3.2.2 技术路线

本内容先通过分析群桥水域船舶异常行为的模式类别, 然后研究船舶异常行为库的建立方法, 建立船舶异常行为库。接着设计 DBN 深网模型结构和训练算法, 提取船舶行为特征, 将实时的船舶交通数据输入到 DBN 深网模型, 利用 GCRBM 预测模型预测船舶行为, 识别船舶行为模式类别; 最后评价预测结果的准确性, 优化 DBN 深网模型的结构和参数。技术路线如下图 8 所示。

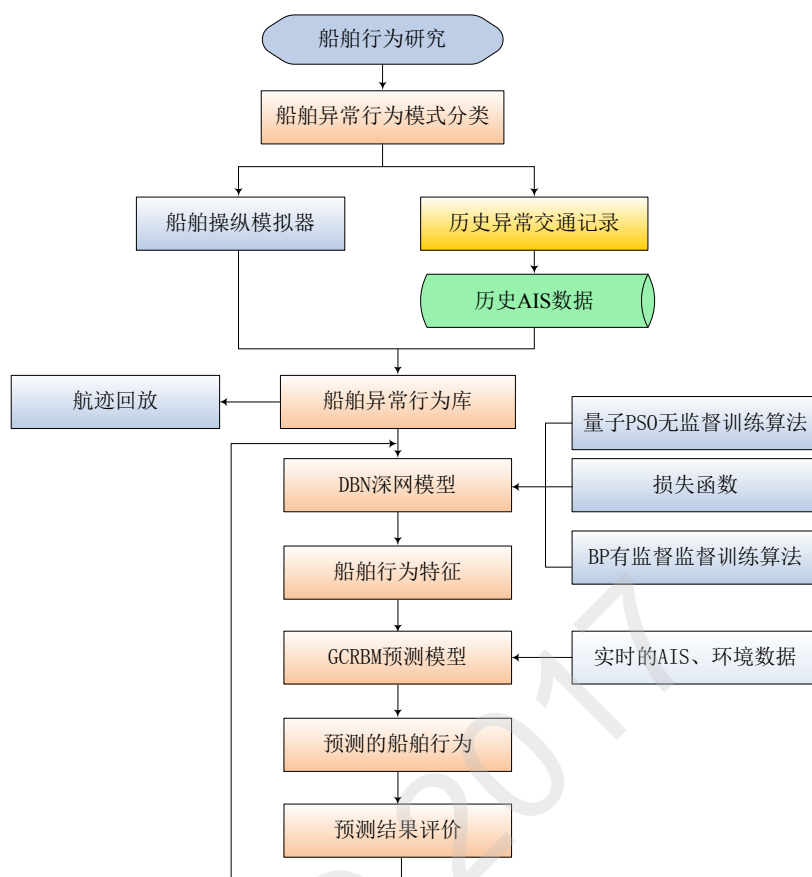


图8 基于深度学习的船舶行为分析技术路线

3.2.3 实验手段

(1) 基于 Hadoop 分析平台，依据船舶异常行为模式类别，对历史 AIS 数据建立船舶异常行为模式标签。

(2) 使用船舶操纵模拟器模拟船舶行为，补充船舶异常行为数据。综合建立丰富完善的船舶异常行为库，并在分析平台上对航迹进行回放。

(3) 基于 Hadoop 分析平台，将不同类别的船舶行为模式 Map 到不同 PC 机上的深度学习模型单独进行训练，研究船舶行为特征和模式，通过 Reduce 将训练结果归并；采集实时的船舶交通数据，输入模型，预测船舶行为，同时对预测的船舶行为进行评价，验证算法的可行性。

3.2.4 关键技术

采用深度学习的方法研究船舶行为时，需要大量的船舶异常行为数据作为训练集。常规的 AIS 数据只记录了船舶通航数据，缺少对船舶异常行为的模式分类。同时历史 AIS 数据无法涵盖所有的异常行为数据，需要借助船舶操纵模拟器补充。因此，分析船舶异常行为模式类别，建立船舶异常行为模式库，是研究船舶行为的关键技术。

由于 AIS 数据维度高，内在相关性复杂，船舶行为类别多样，选择有效的学习模型，设计合适的模型深度和损失函数，是提高深度学习网络泛化能力的关键。同时，模型参数的训练学习算法也是实现本内容的关键技术。

3.3 异常行为船舶检测、识别和跟踪

异常行为船舶检测、识别和跟踪是基于 Hadoop 的内河交通大数据应用模型里的分支任务，其具体研究如下：

3.3.1 研究方法

(1) 船舶视觉检测方法

拟采用ViBe算法检测船舶。ViBe算法是一种基于样本的非参数视觉背景提取算法，其基本思想就是为每个像素点存储一个样本集，样本集中采样值就是该像素点过去的像素值和其邻居点的像素值，然后将每一个新的像素值和样本集进行比较来判断是否属于背景点。该算法具有计算量小、实时性强、能有效适应环境动态变化的优点。

定义 $v(x)$ 为给定的欧氏颜色空间中位于图像上坐标位置为 x 处的像素值， v_i 为该点的第 i 个背景样本的值，则每一个像素点 x 的背景模型包含 N 个采样的背景样本值，即

$$M(x) = \{v_1, v_2, \dots, v_N\} \quad (9)$$

其中 $M(x)$ 为该点的样本集合， v_1, v_2, \dots, v_N 为组成样本集的样本值。

将观测值 $v(x)$ 与对应的背景模型进行比较，如图9所示，若以 $v(x)$ 为中心、 R 为半径的球体 $S_R(v(x))$ 与样本集 $M(x)$ 在欧氏颜色空间中的交集个数 $\#$ 达到阈值 $\#_{\min}$ ，则该像素点被分类为背景。 $\#$ 的定义为

$$\# = \{S_R(v(x)) \cap \{v_1, v_2, \dots, v_N\}\} \quad (10)$$

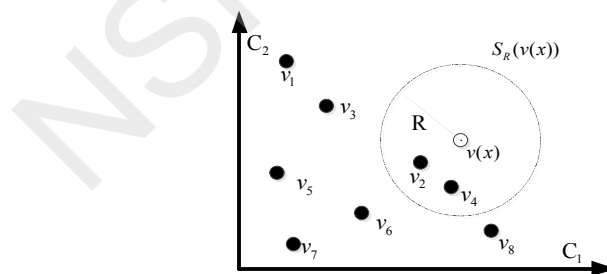


图9 ViBe前景检测过程示意图

在 ViBe 模型初始化时，为了能立即且连续地对前景目标进行检测，可直接采用第一帧对各像素点进行建模。考虑到邻域像素随时间的分布相似，可以从像素的邻域中进行随机采样，快速地建立像素的背景模型。

具体而言，假设 $t=0$ 表示第一帧，且 $N_G(x)$ 为像素 x 的邻域，则

$$M^0(x) = \{v^0(y) | y \in N_G(x)\} \quad (11)$$

其中 y 从邻域 $N_G(x)$ 中随机选择。

在模型更新阶段，采用保守更新策略，同时开发像素间的空间信息，以保证在背景被掩盖的情况下背景模型仍能得到更新。具体来说，这种策略包含三个组成部分，包括无记



忆更新策略、时间采样更新策略以及空间邻域更新策略。

1) 无记忆更新策略

新像素值随机取代样本集中某个像素值。若某个采样值在 t 时刻被加入到背景模型中，则其在下一次更新后被保留的概率 P 为

$$P = \frac{N-1}{N} \quad (12)$$

假设时间连续并且各个样本被选择的几率相等，则 $t+dt$ 时刻该采样值仍被保留的概率 $P(t, t+dt)$ 为

$$P(t, t+dt) = \left(\frac{N-1}{N} \right)^{(t+dt)-t} \quad (13)$$

上式可改写为

$$P(t, t+dt) = e^{-\ln\left(\frac{N}{N-1}\right)dt} \quad (14)$$

上式表明背景模型中各个采样值的存留周期呈指数衰减且与出现的时刻无关。这个特性使得算法可以定义背景模型中采样值的保存周期，并在某种程度上可以适应任意帧频的内河船舶视频。

2) 时间采样更新策略

像素点被分类为背景后并不一定对该样本集进行更新，其更新概率为 $1/\varphi$ ， φ 为时间采样因子。这种更新策略延长了样本值的生命周期，提高了对慢速行驶船舶的检测能力，同时对背景的周期运动也有较好的适应性。

3) 空间邻域更新策略

某一像素点对应样本集更新后，该点随机选则一个邻域点，以该像素点对邻域点的样本集进行更新。这种更新策略能够有效抑制保守更新策略导致的死锁现象，提高了背景像素点的空间一致性，有利于背景信息的空间传播，使得模型更适应光照变化和船舶间歇运动引起的背景突变。

基于 ViBe 的船舶视觉检测步骤为：

Step1: 利用监控的船舶视频的初始帧建立背景模型。

Step2: 对于后续视频帧，将各个像素点与对应的背景模型进行匹配，并将匹配的像素点分类为背景，反之，则分类为前景。

Step3: 针对分类为背景的像素点，若其被随机选中，则对该点的背景模型进行更新，同时也随机对邻域中的某个像素点的背景模型进行更新。

Step4: 对前景图像进行连通域分析，获取各个船舶的平面坐标位置以及外形信息。

(2) 船舶视觉定位方法

基于处理后的景深图像，通过摄像机标定建立视频图像坐标系、景深图像坐标系和摄



像机坐标系的映射关系，以及摄像机坐标系和世界坐标系的映射关系。结合景深信息和 CCTV 视频序列中船舶检测结果，应用三维重建技术获取船舶在摄像机坐标系中的坐标，进而映射到世界坐标系中，获得船舶三维信息，实现船舶视觉定位。

(3) 异常行为船舶视觉识别方法

其识别方法为：

Step1: 基于预测的船舶行为，获取船舶异常行为模式类别和船舶 AIS 定位信息；基于船舶视觉检测与定位，获取船舶视觉定位信息与船舶视觉检测特征；

Step2: 将船舶 AIS 定位信息与船舶视觉定位信息比对，保持信息的时空一致，建立船舶目标关联，各船舶在 CCTV 视频上具有行为模式类别；

Step3: 结合船舶视觉检测特征，识别出异常行为船舶，并对其分别标记。

(4) 异常行为船舶的实时跟踪

拟采用跟踪协同的船舶跟踪算法（LSTLD）对异常行为船舶进行实时跟踪，在 LSTLD 中，对 TLD 算法的跟踪模块、检测模块、学习模块都进行了优化，使该算法在保证准确性、鲁棒性的同时，也能满足内河船舶跟踪系统的实时性需求。

LSTLD 算法的系统框架图如图 10 所示。

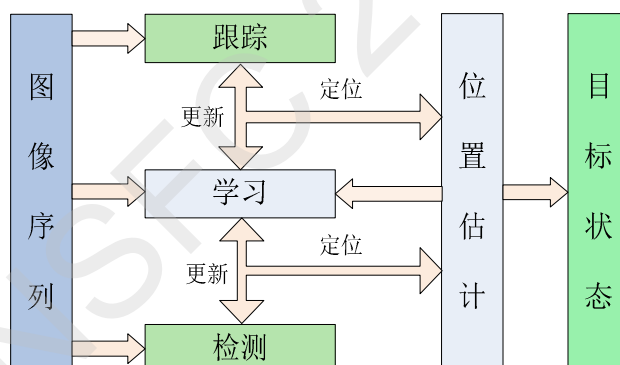


图 10 LSTLD 算法的系统框架图

1) 跟踪模块

首先对局部跟踪器进行初始化，然后利用 LK 光流法对局部跟踪器进行运动估计，评估局部跟踪器的跟踪误差，并根据跟踪误差剔除异常的局部跟踪器，最后利用转化模型更新目标位置标记。

2) 检测模块

检测模块整体框架如图 11 所示。首先，对检测环节目标搜索范围 Ω 采用滑动窗口策略搜索候选样本；接着设计包括方差滤波器、随机藏分类器和随机投影分类器的级联目标检测器对候选样本进行评估，通过级联检测器前两级（方差滤波器、随机藏分类器）并使第三级（随机投影分类器）置信度最高的候选样本即为检测模块的输出。

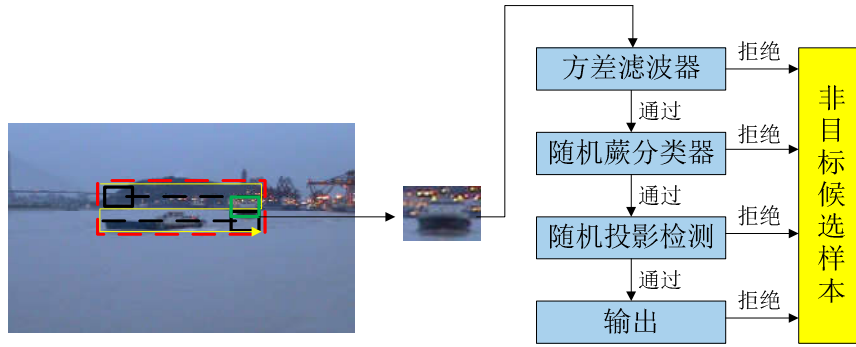


图 11 检测模块框架图

在第 t 时刻，按照前述步骤已经获得跟踪模块输出 R_t ，检测模块输出 D_t ，位置估计模块根据 R_t 和 D_t 获得目标在第 t 时刻的最终位置 B_t 。当跟踪模块输出 R_t 被验证有效时，目标在第 t 时刻的最终位置 $B_t = R_t$ ，其他条件下目标在第 t 时刻的最终位置 $B_t = D_t$ 。

3) 学习模块

学习模块实现随机森林分类器和随机投影分类器在线模型的初始化和更新。与初始帧中目标船舶区域重合度大于 Thr_1 的图像区域作为训练随机森林分类器的正样本，对应地，重合度小于 Thr_2 的图像区域作为训练随机森林分类器的负样本。将被随机森林分类器错误分类的图像区域修改类别标签后加入随机森林分类器训练样本，错误分类样本包括两类，一类是与 B_t 重合度大于 Thr_1 但被随机森林分类器判定为负样本的图像区域，另外一类是与 B_t 重合度小于 Thr_2 但被随机森林分类器判定为正样本的图像区域。更新训练样本后，便可以按照式（15）更新随机森林分类器。

$$p(F_m = k | C = C_i) = \frac{N_{k,C_i} + \zeta}{N_{C_i} + K \cdot \zeta} \quad (15)$$

其中 N_{k,C_i} 表示对训练样本求取第 m 棵随机森林特征值为 k 且类别为 C_i 的样本数， N_{k,C_i} 表示类别为 C_i 的训练样本总数， $K = 2^S$ 表示每棵随机森林可取特征值个数， ζ 表示正则化常数。

在LSTLD算法中，跟踪模块、检测模块协同执行，目标的最终位置由跟踪模块、检测模块的输出共同决定。当跟踪模块发生漂移时，检测模块的输出带有丰富的启发性信息，实现对跟踪模块的重新初始化。特别地，在桥区水域场景中，目标船舶运动过程中可能会频繁经历背景杂乱、尺度变化和光照变化等干扰，跟踪模块、检测模块都有可能出现错误，学习模块根据无约束视频流的时空结构约束捕获跟踪模块和检测模块的错误，更新相关参数以防止同类错误再次发生，从而实现对目标船舶的长时间鲁棒跟踪。当存在多艘异常行为船舶，可分别对各船舶运行LSTLD算法，实现多船舶的实时跟踪。



3.3.2 技术路线

拟采用 ViBe 算法对 CCTV 视频图像进行船舶检测，获取各船舶在视频帧中的位置信息，结合景深图像数据，对各帧图像进行三维重建，获得各船舶在物理世界的三维信息，实现船舶视觉定位；再将视觉定位数据与 AIS 定位数据保持时空一致，在视频上对船舶目标进行关联，分析定位出异常行为船舶的位置。最后再通过 LSTLD 跟踪算法对异常行为船舶进行实时跟踪，发布预警信息。技术路线如图 12 所示。

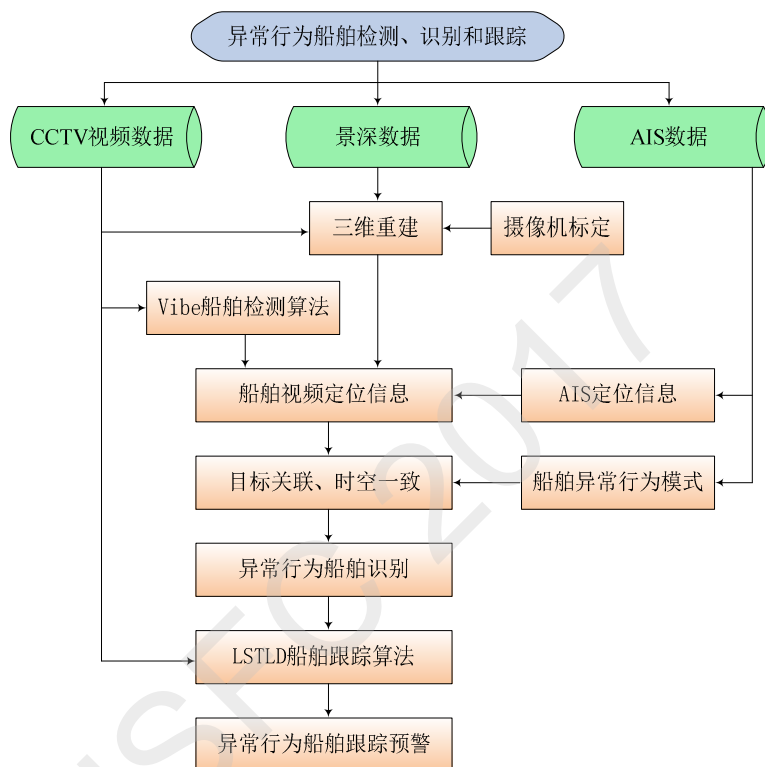


图 12 异常行为船舶检测、识别与跟踪技术路线

3.3.3 实验手段

本内容主要是对视频分析算法进行应用研究，拟采用的实验手段如下图 13 所示。

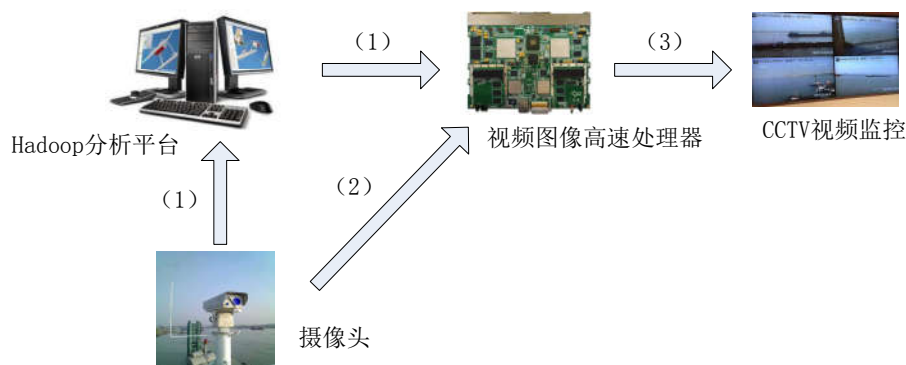


图 13 异常行为船舶检测、识别与跟踪实验手段

(1) 基于 Hadoop 分析平台，将船舶视觉检测、识别和跟踪任务 Map 到不同 PC 机上进行算法处理，通过 Reduce 将算法处理结果归并。在各 PC 机上以 Visual Studio 2012 和



OpenCV 为开发环境, C++为编程语言, 自编算法, 实现船舶检测、识别和跟踪。

(2) 搭建以 FPGA+DSP 为核心处理器的视频图像高速处理器, 以 CCS v5.2.1 为算法移植软件平台, 将 Hadoop 分析平台的算法移植到视频图像高速处理器, 实现算法硬件化。

(3) 基于 CCTV 视频监控平台, 将视频传输到视频图像高速处理器进行算法处理, 验证异常行为船舶识别与跟踪的准确性和实时性。

3.3.4 关键技术

群桥水域具有船舶速度慢、背景复杂、桥面遮挡、大面积阴影的特点, 建立准确的背景模型, 实现前景区域和背景分割是船舶检测的关键; 由于船舶视觉定位信息与 AIS 定位信息存在时空不一致以及定位精度差异, 会导致船舶目标关联不准确。因此, 将 AIS 的船舶与视频的船舶一致关联是实现船舶视觉自动识别的关键。

由于群桥水域船舶受桥面大面积遮挡, 光照变化会干扰船舶特征跟踪, 同时也会导致船舶跟踪丢失, 对运动船舶快速恢复跟踪也是本项目的一项关键技术。

3.5 可行性分析

(1) 项目的选题是科学、合理的

本项目围绕我国“十三五”规划纲要, 从实施国家大数据战略, 全面推进重点领域大数据高效采集、有效利用, 以及健全高质量的内河智能安全保障系统的要求出发, 针对内河群桥水域船舶航行条件复杂、通航风险高、水上交通监管智能化水平低的问题, 拟通过有效整合 AIS、CCTV 视频、环境等大数据, 建立基于 Hadoop 的内河交通大数据应用模型, 基于大数据预测和识别船舶行为, 并在 CCTV 视频上对其自动识别、持续跟踪、提前预警, 由此开展了基于大数据的群桥水域船舶行为分析与异常行为船舶跟踪研究。因此, 项目的选题是科学、合理的。

(2) 研究方法和技术是可行的

群桥水域船舶行为特征和模式蕴含于水上交通大数据中, 基于大数据研究船舶行为是典型的大数据应用范畴。目前, 大数据在互联网、电信、金融、交通等领域的应用取得了很大的成功, 特别是基于大数据的深度学习算法取得了突飞猛进的发展。大数据研究平台是开源的框架, 有着大量的参考文献和应用范例, 相关理论和方法可以提供思路,

本项目在已完成的国家自然科学基金项目“面向电子巡航的内河视频智能分析算法研究”和“船舶安全熵突变对人-船-环境失谐响应机理研究”, 长江海事局科技项目“水上交通安全形势评价方法研究”, 武汉理工大学自主创新基金“基于深度学习的智能信息处理方法研究”等课题的基础上, 在 Hadoop 分析平台的建立、深度学习算法、船舶行为分析、基于电子巡航的内河船舶视觉检测和跟踪等方面进行前期研究, 为本项目的开展奠定了基础。



（3）群桥水域船舶通航基础数据来源有保障

项目组前期与长江海事主管机关以及航道部门有数项科研项目合作，已经收集、整理了大量的群桥水域 AIS 数据、环境数据以及 CCTV 视频数据，并可通过项目合作单位长江航务管理局对动态数据进行采集，更新实验基础数据，为项目研究提供基础数据保障。同时项目组地处武汉，为项目组进行现场测试提供了得天独厚的实验环境。

（4）项目研究有基础

本项目是多学科交叉的课题，项目组联合自动化学院与航运学院共同开展研究。

自动化项目组主要成员长期从事数据挖掘算法（聚类算法、关联规则挖掘算法、决策树算法等）、仿生智能算法（深度学习算法、神经网络算法、遗传算法、粒子群算法等）、智能控制理论、电工电子理论、计算机技术以及内河船舶检测、识别、跟踪算法研究，在这些领域发表了多篇论文，并完成了国家自然科学基金“面向电子巡航的内河视频智能分析算法研究”，在图像工作站建立了内河船舶视频处理与分析平台，为研究群桥水域船舶行为分析、船舶视频检测和跟踪打下了坚实的基础。另外，项目组开发了基于 DSP 的图像高速处理硬件模块、基于 ARM 的港口大型设备控制系统专有智能模块等算法处理器，为基于 FPGA+DSP 的船舶检测与跟踪算法的硬件化奠定了基础。

航运学院项目组主要成员主持、参与内河交通安全系统分析与风险评估、海事监管理论与技术、电子巡航、通航保障等相关领域课题四十余项，在内河交通安全系统、船舶适航与内河交通事故、长江干线通航特征与内河交通安全形势评价、海事监管等方面具有很多研究积累，取得了数项科技奖励，在项目研究内容中的船舶行为类别分析、船舶异常行为为辨识模型建立等方面具有很好的优势和坚实的基础。

综上所述，本项目研究问题来源于长江水域交通管理与工程实践，符合学科发展方向，主要研究方法具有较好理论和应用基础，实验数据来源真实性高，项目组成员技术知识储备好。因此，本项目研究具有可行性。

4. 本项目的特色与创新之处；

（1）本项目的特色在于：

以某群桥水域为研究对象，探索内河交通大数据的应用模型架构，建立可分布式数据存储、处理和挖掘的大数据分析平台。

基于船舶行为模式类别，建立船舶异常行为模式库，从而开展船舶行为预测和行为模式识别的研究。

基于多源异构数据的融合方法，实现在视觉上自动检测、识别和跟踪异常行为船舶。

（2）本项目的创新在于：

研究船舶行为特征的表征。船舶行为不仅数据量大、维度高、类型多、价值密度低、变化速率快，而且与交通态势、水域特点、交通法规等密切相关，很难直接探索数据中隐含的船舶行为特征和模式。本项目以内河交通大数据为基础，采用深度学习方法，从机理



上深度探索船舶行为的特征和新的表示方法。

5. 年度研究计划及预期研究结果（包括拟组织的重要学术交流活动、国际合作与交流计划等）。

5.1 年度研究计划

本项目研究时间为 2018/01—2021/12，为期 4 年，按内河交通大数据应用模型的建立、船舶异常行为模式分类和异常行为库的建立、船舶行为分析、船舶视觉检测与定位、异常行为船舶识别与跟踪进行。预期成果体现在分析平台搭建、论文发表、专利申请和人才培养几个方面。年度研究计划及预期研究目标如表 2 所示。

表 2 年度研究计划

时间		研究内容	研究目标
2018 年	1~3 月	研究基于 Hadoop 的群桥水域交通大数据的应用模型的设计方法。	构建内河交通大数据应用模型，实现数据采集、HDFS 数据存储、MapReduce 任务分配。发表学术论文 1 篇。
	4~6 月	研究内河交通结构化数据预处理方法。	实现大数据的有效性、完整性、时空一致性。
	7~9 月	研究内河交通非结构化数据的预处理方法。	实现景深图像的有效性；发表学术论文 1 篇。
	10~12 月	研究群桥水域船舶通航风险因素和船舶异常行为模式。	建立船舶异常行为模式类别；发表学术论文 1 篇；申请软件著作权 1 项。
2019 年	1~3 月	研究船舶异常行为库的建立方法。	建立船舶异常行为库；发表学术论文 1 篇。
	4~6 月	研究基于船舶行为分析的深度学习网络模型，设计网络结构，训练算法和代价函数。	提取船舶行为特征；发表学术论文 2 篇。
	7~9 月	研究船舶行为预测和识别方法。	预测和识别船舶行为；发表学术论文 1 篇，申请软件著作权 1 项。
	10~12 月	研究船舶行为预测和识别结果的评估方法，对结果进行评价，优化深度学习网络模型。	完善深度学习网络；发表学术论文为 1 篇。
2020 年	1~3 月	研究群桥水域船舶视觉检测和定位算法。	实现群桥水域异常行为船舶的检测和定位；发表学术论文 1 篇。
	4~6 月	研究异常行为船舶的视觉识别方法。	实现船舶的识别；发表学术论文 1 篇；申请软件著作权 1 项
	7~9 月	研究群桥水域船舶视觉跟踪算法。	实现群桥水域异常行为船舶的自动跟踪；发表学术论文 2 篇
	10~12 月	研究异常行为船舶的跟踪效果评价方法。	完善异常行为船舶自动跟踪算法；发表学术论文 1 篇；申请发明专利 1 项
2021 年	1~3 月	基于群桥水域实时的交通大数据，验证船舶异常行为识别和跟踪算法的有效性	确保船舶异常行为识别和跟踪实际应用的准确性；发表学术论文 1 篇



	4~6 月	研究算法的硬件化：基于 FPGA+DSP 图像高速处理器，将算法移植到硬件	实现算法的高速处理；发表学术论文 1 篇
	7~9 月	基于视频图像高速处理器，验证实时交通流下的异常行为船舶识别和跟踪的有效性，对已存在系统不断改进和优化	确保图像高速处理器在实际应用的准确性和实时性；发表学术论文 1 篇，申请发明专利 1 项
	10~12 月	结题	撰写专著 1 本，完成结题报告

5.2 预期研究成果

通过本项目的研究，预期达到以下成果：

- (1) 研究成果
- 1) 建立基于 Hadoop 的内河交通大数据应用模型。

2) 实现某群桥水域船舶行为预测和模式识别。

3) 实现某群桥水域异常行为船舶视觉自动检测、识别和跟踪。

4) 实现基于 FPGA+DSP 高速视频图像处理器的算法硬件化。
- (2) 著作及论文发表
- 1) 出版本项目成果专著 1 本。

2) 在国内外核心期刊或国际学术会议发表相关研究论文 16 篇。这些论文中，10 篇以上进入 SCI 或 EI 检索。
- (3) 发明专利或软件著作权
- 申请发明专利 2 项，软件著作权 3 项。
- (4) 人才及队伍培养
- 1) 5~8 人次参加相关国际会议；8~10 人次参加国内学术会议。邀请境内外相关专家学者来校学术交流 4 人次；

2) 培养博士 3 名，硕士 4 人。

(二) 研究基础与工作条件

1. 研究基础（与本项目相关的研究工作积累和已取得的研究工作成绩）；

本课题组申请者及主要成员多年来一直从事船舶和港口及其相关领域的工业自动化、基于网络的视频和信息系统的研究，涉及计算机控制、移动机器人、分布式智能、信息管理、机器学习、计算机视觉等多方面，共发表论文 100 多篇，完成相关科研项目 40 多项，在长期的科研实践中积累了丰富的图像处理、模式识别、信息融合、交通安全、网络编程等科研经验，为本项目奠定了深厚的基础。此外，项目申请者和美国 BRIC 实验室(Image Analysis Core, University of North Carolina at Chapel Hill)有研究交流，与国内相关图像和视频处理的公司和单位等具有良好的合作关系，可为本项目提供支持。



项目组成员还有来自国家水运安全工程技术研究中心和内河航运技术湖北省重点实验室的科研人员。实验室重点从通航环境与安全保障、船舶操纵与控制等方向开展工作。目前已参与或承担了国家自然科学基金国际（地区）合作研究等课题，在长期的科研实践中，积累了较丰富的科研经验。实验室与武汉、广东等地方海事局、长江航道局以及船舶公司等有着紧密的行业联系，可以方便获取船舶通航数据、海事监管视频、航道和多种船舶资料，了解海事监管的实际需求和功能特点。

（1）与本项目相关的研究工作积累

A. 内河视觉智能分析研究工作积累

项目组主要成员基于国家自然科学基金项目“面向电子巡航的内河视频智能分析算法研究”，建立了内河航运视频分析库，该视频库由内河船舶检测视频子库和内河船舶跟踪视频子库两部分组成。其中内河船舶检测视频子库包含 105 段视频，共计 5G；内河船舶跟踪视频子库包含 190 段视频，共计 15G。所有视频均已进行属性编码和船舶标记，为同类研究人员开展算法测试、比较和适应性分析提供了统一的基准。

设计了一个开放式的、用于科学实验的内河航运船舶视觉检测与跟踪软件平台。让同类研究人员在进行算法研究的同时既可以快速的进行算法实验，又可以针对不同的算法分析实验结果，比较不同算法效果的差异。如图 14、15 所示。

图 14 内河船舶视频库

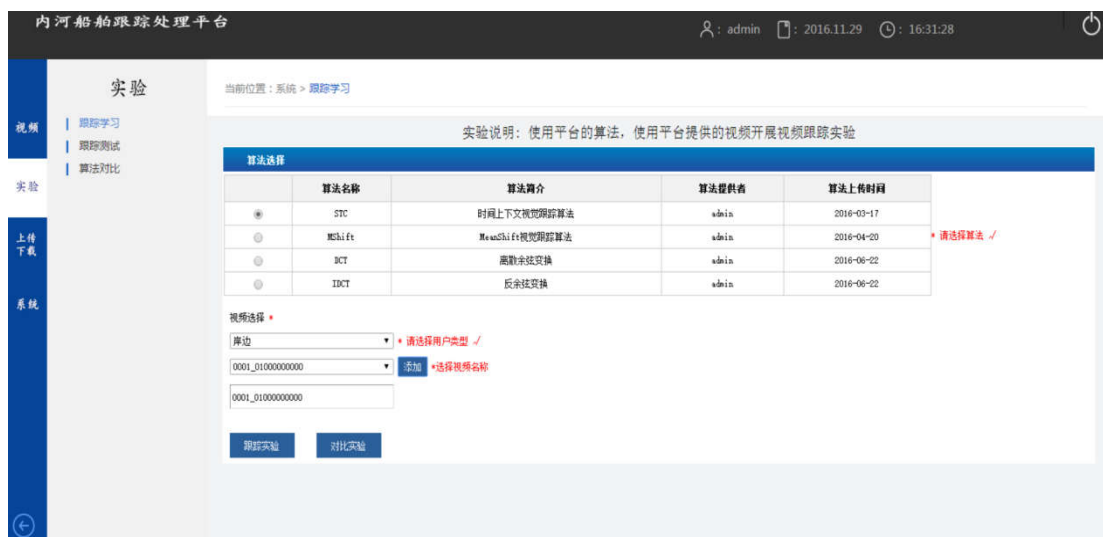


图 15 内河船舶视频跟踪分析平台

结合上述平台，项目组开展了内河视频序列的智能去雾算法研究、面向内河电子巡航的船舶视觉检测算法研究、面向内河电子巡航的船舶视觉跟踪算法研究。

1) 内河视频序列的智能去雾算法研究

提出了基于景深估计的内河视频去雾算法。通过深入分析雾图特征，项目组总结出内河雾天水面景深先验知识，并利用该先验知识和视觉线索估算相对景深；为提高运算速度，选取关键帧，用关键帧的相对景深近似代替非关键帧的相对景深。然后将每帧的亮度图作为导向图和修正后景深图生成的粗略大气光传输图一起进行导向滤波，得到每帧精细的大气光传输图，运用雾天成像模型恢复降质视频图像序列，最终获得清晰、连续的内河视频。

2) 面向内河电子巡航的船舶视觉检测算法研究

提出了在线学习的运动船舶视频检测策略。采用多个算法对同一视频序列并行处理，并通过在线学习的方式不断调整各算法各像素点在检测过程中的权重，实现了复杂环境下内河航运视频中运动船舶的在线学习模式的检测方式。在对 24 段 CCTV 图像序列构成的内河船舶检测数据库的实验中，在线学习的运动船舶检测系统的平均准确率为 0.99，召回率为 0.84。相比次优的结合 AC 显著性检测的稀疏编码算法，该系统在保持高准确率的同时，将召回率提高了 10.5%。

3) 面向内河电子巡航的船舶视觉跟踪算法研究

提出了跟踪检测协同内河船舶跟踪算法。在对 400 段 CCTV 图像序列构成的内河船舶跟踪数据库的实验中，该算法的精度，成功率，对背景杂乱、光照变化、遮挡、尺度变化、图像质量低等干扰的鲁棒性，及稳定性都显著优于其他对比算法。具体地，相比排名第二的算法，在 OPE 实验精度曲线中，该算法的精度达到 0.627，提高了 17.2%；在 OPE 实验成功率曲线中，平均成功率达到 0.520，提高了 22.9%；在 OPE 实验干扰性能曲线中，提高了 10%-15%。另一方面，该算法的帧率达到 24.7FPS，能满足实时性要求。



B.内河航运通航安全研究工作积累

项目组研究人员基于科学技术部科技支撑计划项目“长江水运安全风险防控技术与示范课题五：复杂航段安全驾驶与应急能力提升技术与应用”（编号：2015BAG20B05），研究了长江中游水域复杂航段的通航环境以及水上交通流状态，为特定航段船舶异常行为识别提供了船舶交通流结构和组织特征。提供了两种基于人工神经网络的船舶流量预测方法，其中基于微粒子群算法和遗传算法优化的径向基神经网络（EHRBF-NN）针对船舶流量的预测效果更为准确，对比结果如图 16 所示。

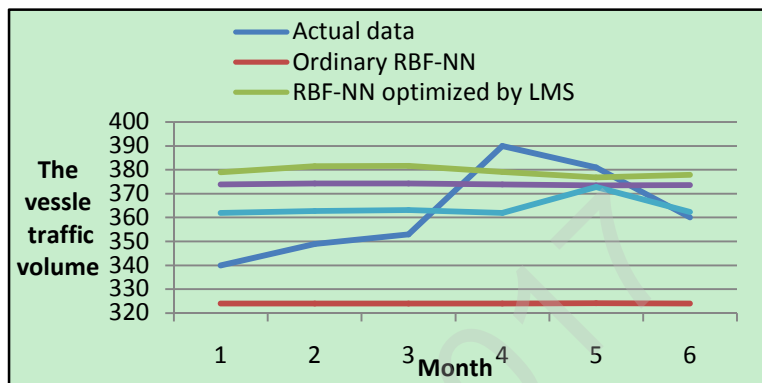


图 16 船舶流量预测对比

基于国家自然科学基金项目“船舶安全熵突变对人—船—环境失谐响应机理研究”（编号：51379170）以及一般纵向项目“水上交通安全形势评价方法研究”，项目组成员优化了原有的人为因素分类与分析系统（Human Factor and Classification System, HFACS），采用 Accimap 方法对 HFACS 中的先决条件予以说明，模型结构如图 17 所示。该模型为船舶行为分析提供了技术支持，同时提供了相应的数据样本。

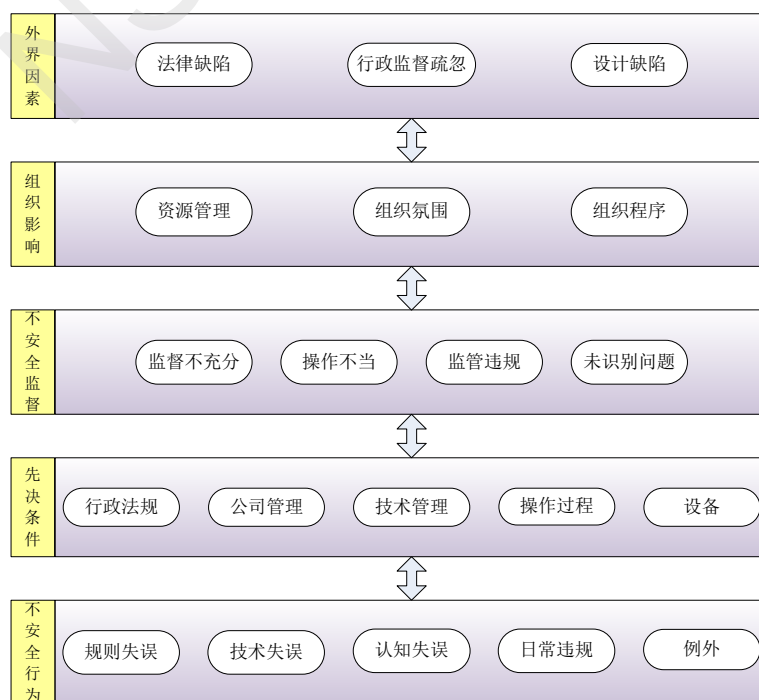


图 17 优化的 HFACS 分析框架



(2) 已取得的研究工作成绩

1) 期刊论文

Hu Z, Liu Q. Single image haze removal method for Inland river[J]. Telkomnika - Indonesian Journal of Electrical Engineering, 2013,11(1):362-370.

黄明晶, 刘清, 熊燕帆, 等. 面向内河雾天图像的大气光亮度值估算方法研究[J]. 交通信息与安全, 2013(03):33-38.

刘清, 熊燕帆, 黄明晶, 等. 基于内河单幅图像的去雾算法研究[J]. 交通信息与安全, 2014(01):84-90.

胡众义, 刘清, 郭建明, 等. 一种基于 SVM 分类的雾图自动检测方法[J]. 计算机仿真, 2015,32(2):342-346.

滕飞, 刘清, 郭建明, 等. TLD 框架下的内河船舶跟踪[J]. 应用科学学报, 2014(01):105-110.

Teng F, Liu Q. Multi-scale ship tracking via random projections[J]. Signal, Image and Video Processing, 2014,8(6):1069-1076. (SCI 检索)

Teng F, Liu Q, Zhu L. Robust inland waterway ship tracking via orthogonal particle Filter-Based predator[J]. International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 2014,7(6):125-136. (EI 检索)

滕飞, 刘清, 朱琳. 一种快速鲁棒的内河 CCTV 系统船舶跟踪算法[J]. 武汉理工大学学报, 2014(05):80-85.

Teng F, Liu Q, Zhu L, et al. Robust multi-scale ship tracking via extended MIL tracker[J]. Advances in Electrical & Electronics Engineering, 2014:177-182.

朱琳, 郭建明, 刘清, 等. 基于可变形部件模型的内河多船舶跟踪算法研究[J]. 计算机科学, 2015(03):311-315.

滕飞, 刘清, 朱琳, 等. 波纹干扰抑制下内河 CCTV 系统运动船舶检测[J]. 计算机仿真, 2015(06):247-250.

Teng F, Liu Q. Robust multi-scale ship tracking via multiple compressed features fusion[J]. Signal Processing: Image Communication, 2015,31:76-85. (SCI 检索)

梅浪奇, 郭建明, 刘清. 基于多特征的纹理特征提取方法研究与应用[J]. 交通信息与安全, 2015(02):31-38.

Hu Sihui, Hao Yong, Study on Minimum Safe Manning of Engine Department in The Three Gorges Reservoir Area based on On board Function Model, The 3rd International Conference on Transportation Information and Safety(ICTIS 2015), Wuhan, P.R. China, 2015.06.26-28.

Hao Yong, Jiang Changyun, Tan Qinwen, Capability Evaluation of Maritime Emergency Management System, 2012 11th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering & Science (DCABES,2012), Guilin,P. R.China, 2012.10.19-22.

郝勇, 李翌阳, 陈仕祥, 江长运, 胡刚, 电子巡航系统信息特征及在海事监管中的应用, 中



国航海: 2014, 37 (1) :11~15+47

郝勇, 王怡, 基于优化 RBF 网络的港口船舶交通流量预测, 中国航海: 2014, 37 (2) : 81~84+117

郝勇, 吴志新, 傅春燕, 长江干线船舶碰撞原因的故障树分析—以武汉海事局辖区水域为例, 中国安全生产科学技术: 2010, 6 (5) : 171~176

2) 会议论文

Teng F, Liu Q, Guo J. Real-time Ship Tracking via Enhanced MIL Tracker[J]. In: Fourth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology [C], 3, 2013, pp: 399-404.

Hu Z, Liu Q, Zhou S, et al. Image dehazing algorithm based on atmosphere scatters approximation model[A]. 19th International Conference on Neural Information Processing, ICONIP 2012, 2012/11/12-2012/11/15, pp 159-168, Doha, 2012[C].

Hu Z, Liu Q. A method for dehazed image quality assessment, Shenzhen, China, 2014[C].

Teng F, Liu Q, Mei L, et al. Robust visual tracking via part-based template matching with low-rank regulation, Yangzhou, China, 2016[C].

Teng F, Liu Q, Zhu L, et al. Robust inland waterway ship tracking via hybrid TLD and kalman filter, Wuhan, Hubei, China, 2014[C].)

Xie J, Yan X, Teng F, et al. Online Visual Tracking via Structural Compressive Sensing, Wuhan, Hubei, China, 2015[C].

Lu P, Liu Q, Guo J. Camera calibration implementation based on zhang zhengyou plane method, Yangzhou, China, 2016[C].

3) 专著

滕飞, 刘清著 内河航运监控视频船舶动态跟踪算法 武汉理工大学出版社 (精装本书号 ISBN978-7-5629-5494-1, 简装本书号 ISBN978-7-5629-5102-5), 2017年6月.

刘清, 梅浪奇, 路萍萍, 郭建明著 内河航运视频监控运动船舶检测算法 武汉理工大学出版社, 2017年9月.

郝勇. 内河交通工程[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2015.

4) 软件著作权

内河船舶跟踪处理平台。

图像去雾处理平台软件。

5) 已投稿论文

Lu Pingping, Liu Qing, Teng Fei, et.al. Inland moving ships detection via compressive sensing and saliency detection; in Chinese Intelligent Systems Conference, CISC 2016, 2016, Xiamen, China [C].

Langqi Mei, Jianming Guo, Fei Teng, Pingping Lu, Qing Liu. Inland Ship Detection Based on Compressive Sensing, ICACi2017, 2017,Doha, Qatar[C].



Langqi Mei, Jianming Guo, Qing Liu, Pingping Lu. A Novel Framework for Container Code-Character Recognition Based on Deep Learning and Template Matching. ICHICII, 2016, Wuhan, China [C].

2. 工作条件（包括已具备的实验条件，尚缺少的实验条件和拟解决的途径，包括利用国家实验室、国家重点实验室和部门重点实验室等研究基地的计划与落实情况）；

（1）已具备的实验条件

本项目研究主要依托下列研究与实验中心开展：武汉理工大学国家水运安全工程技术研究中心；内河航运技术湖北省重点实验室；交通运输部长江航运技术研发中心，2011 年 10 月由交通运输部立项建设，其“水上交通安全与防污染分中心”建设于本项目依托单位；长江海事研究中心，2008 年由长江海事局与本项目依托单位共同设立；中远技术中心武汉理工大学技术分中心，2007 年由中远集团与本项目依托单位共同设立。

本项目成员所在单位现有国内一流的全任务大型船舶操纵模拟器，该设施主要功能包括：现代综合船桥技术展示；团组配合与船舶安全航行；世界各港口和航道的水文气象特征和物标景观仿真；港口、狭水道、内河与开阔海域的船舶引航和操纵；驾驶台资源管理（BRM）；海上搜救训练（SAR）；船舶操纵性研究；港口航道设计论证及引航试验；海事分析等，如图 18 所示。



图 18 全任务大型船舶操纵模拟器

船舶交通服务系统（VTS）实验室与 VTS 模拟器，VTS 模拟器能对大型复杂海港的布局和特征、岸基雷达监控、多雷达站联网、多监控站综合显示、船舶交通流进行模拟仿真，并具有以下主要模拟功能：动态监视、跟踪目标；对特定区域内船舶的交通控制与组织；为船舶提供信息服务和助航服务；建立内外信息网络，收集和发布信息，可用于交通模拟、预测和辅助决策等。

依托单位有完备的软硬件条件，拥有超过 5000 万元和 6050 m² 的专业研究设备和实验



室（主要设备见表3），能为本项目研究提供支撑设备设施，主要有：

表3 主要现有实验条件及设备情况（单位：万元）

序号	分析平台、设备名称	金额	用途
1	风浪环境模拟实验系统	392	水环境模拟
2	船舶操纵模拟器	980	船舶交通管理模拟
3	VTS 模拟器	245	
4	雷达/ARPA 模拟器	45	定位、导航、避碰
5	船舶 AIS 基站	30	船舶自动识别
6	图像处理工作站	15	视频图像处理

（2）尚缺少的实验条件

尚需购置 AIS 接收机 1 台，高清工业摄像机和景深摄像头各 1 个，三脚架 1 个，FPGA+DSP 高速图像处理板卡 2 套。上述设备拟通过项目资助购置。

3. 正在承担的与本项目相关的科研项目情况（申请人和项目组主要参与者正在承担的与本项目相关的科研项目情况，包括国家自然科学基金的项目和国家其他科技计划项目，要注明项目的名称和编号、经费来源、起止年月、与本项目的关系及负责的内容等）；

（1）长江水运安全风险防控技术与示范，课题五：复杂航段安全驾驶与应急能力提升技术及应用（编号：2015BAG20B05），科学技术部科技支撑计划项目，2015 年 7 月—2017 年 12 月，在研，郝勇参与。可以为本项目的船舶异常行为模式分类以及采用船舶操纵模拟器构建船舶异常行为库提供支持。负责复杂航段通航环境特征分析和应急能力评价方法研究。

4. 完成国家自然科学基金项目情况（对申请人负责的前一个已结题科学基金项目（项目名称及批准号）完成情况、后续研究进展及与本申请项目的关系加以详细说明。另附该已结题项目研究工作总结摘要（限 500 字）和相关成果的详细目录）。

（1）项目名称：面向电子巡航的内河视频智能分析算法研究（批准号：51279152），已结题，项目负责人：刘清。

该项目提出一种基于景深估计的内河视频去雾算法，实现时空一致的内河航运视频清晰化；提出了一种在线学习的运动船舶视频检测系统，实现了复杂环境下内河航运视频中运动船舶的鲁棒检测；从内河航运视频环境中的原始信号属性、随机观测矩阵、低维特征



选择等角度对 50 多种随机投影类跟踪算法进行系统地、全方位地理论分析研究后，提出了一种正交粒子滤波低秩约束随机投影内河船舶跟踪算法来实现对运动船舶的鲁棒跟踪；针对运动船舶尺度的变化、环境变化和干扰，提出了一种跟踪检测协同的内河船舶跟踪算法，实现重点船舶准确、鲁棒、实时的视觉跟踪；建立了内河航运视频分析数据库；设计了一个开放式的、用于科学研究的内河航运船舶视觉检测和跟踪软件平台。

前期的研究着重实现 CCTV 视频去雾以及内河船舶检测和跟踪，很大程度提高了海事监管的智能化水平。项目组在走访长江海事局、芜湖海事局、广东海事局时，海事监管人员提出及时发现追越、逆行等异常行为船舶并对其跟踪可以进一步提高海事监管的智能化，对当前海事安全监管具有重大的意义。但是项目组在研究过程中发现基于视频的方法很难识别出内河船舶的异常行为，使得跟踪的船舶是无差别的，由于对于异常行为船舶的识别不在该项目的研究范围内，因此本项目基于前期的研究成果，以及多学科交叉的理论和方法，提出了解决这一问题的新思路。

本项目将从顶层设计内河交通大数据的典型应用模型，以模型为基础，实现群桥水域船舶行为分析和异常行为船舶识别和跟踪：针对群桥水域交通数据量大、数据结构复杂、系统响应速度要求快的特点，研究建立基于 Hadoop 的分布式数据存储、处理和数据挖掘分析平台；针对海事部门提出的船舶异常行为识别难的问题，拟采用深度学习算法从内河交通大数据中提取船舶行为特征、预测船舶行为、识别船舶异常行为模式；针对群桥水域背景更复杂、遮挡严重、受大面积阴影干扰导致光照亮度变化等情况导致船舶视觉检测和跟踪难的问题，开展对群桥水域船舶视觉检测、识别和跟踪算法的研究，并融合船舶行为分析的结果，实现异常行为船舶视觉自动跟踪和预警。针对船舶视觉智能分析算法在计算机上处理效率慢的问题，将算法移植到 FPGA+DSP 的高速图像处理板上，加快算法的运算速度，提高船舶跟踪的实时性；

（3）工作总结摘要：

项目组基于计算机视觉理论研究了内河视频去雾、运动船舶检测和跟踪的算法。主要内容包括：

1) 提出一种基于景深估计的内河视频去雾算法，实现时空一致的内河航运视频清晰化。为了实现视频智能去雾，项目组还提出了基于图像频谱特征和灰度共生矩特征的雾图自动检测算法。

2) 深入分析内河航道背景特点和船舶前景目标特征，用视觉注意机制和改进的混合高斯背景建模来解决水波纹干扰问题；用改进的 ViBe 和 Subsense 算法来解决慢速船舶的漏检问题；用压缩感知理论与背景差分算法结合来解决清晰度差的内河场景问题；由此提出了一种在线学习的运动船舶视频检测系统，实现了复杂环境下内河航运视频中运动船舶的鲁棒检测。

3) 提出了一种正交粒子滤波低秩约束随机投影内河船舶跟踪算法来实现对运动船舶的



鲁棒跟踪；针对运动船舶尺度的变化、环境变化和干扰，提出了一种跟踪检测协同的内河船舶跟踪算法；结合 HOG 特征和模糊 SVM 的方法提取运动船舶的外观模型，进一步提出了基于可变形部件模型的多船舶跟踪方法。

4) 开创性地建立了内河航运视频分析库，为同类研究人员开展算法测试、比较和适应性分析提供了标准视频。设计一个开放式的、用于科学研究的内河航运船舶视觉检测和跟踪软件平台。

(4) 成果目录：

Hu Z, Liu Q. Single image haze removal method for Inland river[J]. Telkomnika - Indonesian Journal of Electrical Engineering, 2013,11(1):362-370. (EI 检索)

黄明晶, 刘清, 熊燕帆, 等. 面向内河雾天图像的大气光亮度值估算方法研究[J]. 交通信息与安全, 2013(03):33-38.

滕飞, 刘清, 郭建明. TLD 框架下的内河船舶跟踪[J]. 应用科学学报, 2014(01):105-110.

刘清, 熊燕帆, 黄明晶. 基于内河单幅图像的去雾算法研究[J]. 交通信息与安全, 2014(01):84-90.

滕飞, 刘清, 朱琳. 一种快速鲁棒的内河 CCTV 系统船舶跟踪算法[J]. 武汉理工大学学报, 2014(05):80-85.

Teng F, Liu Q, Zhu L, et al. Robust multi-scale ship tracking via extended MIL tracker[J]. Advances in Electrical & Electronics Engineering, 2014:177-182.

Teng F, Liu Q, Zhu L. Robust inland waterway ship tracking via orthogonal particle Filter-Based predator[J]. International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 2014,7(6):125-136. (EI 检索)

Teng F, Liu Q. Multi-scale ship tracking via random projections[J]. Signal, Image and Video Processing, 2014,8(6):1069-1076. (SCI 检索)

梅浪奇, 郭建明, 刘清. 基于多特征的纹理特征提取方法研究与应用[J]. 交通信息与安全, 2015(02):31-38.

朱琳, 郭建明, 刘清, 等. 基于可变形部件模型的内河多船舶跟踪算法研究[J]. 计算机科学, 2015(03):311-315.

胡众义, 刘清, 郭建明. 一种基于 SVM 分类的雾图自动检测方法[J]. 计算机仿真, 2015,32(2):342-346.

滕飞, 刘清, 朱琳. 波纹干扰抑制下内河 CCTV 系统运动船舶检测[J]. 计算机仿真, 2015(06):247-250.

Teng F, Liu Q. Robust multi-scale ship tracking via multiple compressed features fusion[J]. Signal Processing: Image Communication, 2015,31:76-85. (SCI 检索)

Hu Z, Liu Q, Zhou S, et al. Image dehazing algorithm based on atmosphere scatters approximation model[A]. 19th International Conference on Neural Information Processing, ICONIP 2012, 2012/11/12-2012/11/15, pp 159-168, Doha, 2012[C]. (EI 检索)



Teng F, Liu Q, Guo J. Real-time Ship Tracking via Enhanced MIL Tracker[J]. In: Fourth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology [C], 3, 2013, pp: 399-404.

Hu Z, Liu Q. A method for dehazed image quality assessment, Shenzhen, China, 2014[C]. (EI 检索)

Teng F, Liu Q, Mei L, et al. Robust visual tracking via part-based template matching with low-rank regulation, Yangzhou, China, 2016[C]. (EI 检索)

Teng F, Liu Q, Zhu L, et al. Robust inland waterway ship tracking via hybrid TLD and kalman filter, Wuhan, Hubei, China, 2014[C]. (EI 检索)

Xie J, Yan X, Teng F, et al. Online Visual Tracking via Structural Compressive Sensing, Wuhan, Hubei, China, 2015[C]. (EI 检索)

Lu P, Liu Q, Guo J. Camera calibration implementation based on zhang zhengyou plane method, Yangzhou, China, 2016[C]. (EI 检索)

Lu Pingping, Liu Qing, Teng Fei, et.al. Inland moving ships detection via compressive sensing and saliency detection; in Chinese Intelligent Systems Conference, CISC 2016, 2016, Xiamen, China [C] (accepted).

Langqi Mei, Jianming Guo, Fei Teng, Pingping Lu, Qing Liu. Inland Ship Detection Based on Compressive Sensing, ICACI2017, 2017, Doha, Qatar[C](accepted).

Langqi Mei, Jianming Guo, Qing Liu, Pingping Lu. A Novel Framework for Container Code-Character Recognition Based on Deep Learning and Template Matching. ICHICII, 2016, Wuhan, China [C] (accepted).

滕飞, 刘清著 内河航运监控视频船舶动态跟踪算法 武汉理工大学出版社, 2017 年 3 月.

刘清, 梅浪奇, 路萍萍, 郭建明著 内河航运视频监控运动船舶检测算法 武汉理工大学出版社, 2017 年 9 月.

(三) 其他需要说明的问题

1. 申请人同年申请不同类型的国家自然科学基金项目情况 (列明同年申请的其他项目的项目类型、项目名称信息, 并说明与本项目之间的区别与联系)。

无。

2. 具有高级专业技术职务 (职称) 的申请人或者主要参与者是否存在同年申请或者参与申请国家自然科学基金项目的单位不一致的情



况；如存在上述情况，列明所涉及人员的姓名，申请或参与申请的其他项目的项目类型、项目名称、单位名称、上述人员在该项目中是申请人还是参与者，并说明单位不一致原因。

无。

3. 具有高级专业技术职务（职称）的申请人或者主要参与者是否存在与正在承担的国家自然科学基金项目的单位不一致的情况；如存在上述情况，列明所涉及人员的姓名，正在承担项目的批准号、项目类型、项目名称、单位名称、起止年月，并说明单位不一致原因。

无。

4. 其他。

无。

（三）经费申请说明 购置单项经费 5 万元以上固定资产及设备，须逐项说明与项目研究的直接相关性及其必要性。

无。

三、申请人简介（包括申请人和项目组主要参与者的学历（从大学本科开始）和研究工作经历，近 3 年来已发表的与本项目有关的主要论著目录和获得学术奖励情况及在本项目中承担的任务。论著目录要求详细列出所有作者、论著题目、期刊名或出版社名、年、卷（期）、起止页码等；奖励情况也须详细列出全部获奖人员、奖励名称等级、授奖年等）

项目申请人：刘清

1、个人简介（应包含本项目中承担的任务）

刘清，女，1966 年 1 月生，博士，武汉理工大学自动化学院教授，项目负责人。曾担任自动化学院副院长，现任图书馆馆长。兼中国人工智能学会理事，中国人工智能学会智能交通专业委员会秘书长，中国港口协会科技委员会副主任，湖北省自动化学会常务理事等职。主持和参加的纵向、横向项目近 30 多项，其中 3 项部级鉴定，2 项省级鉴定；3 项



获省部级奖励。曾参加两项国家自然科学基金项目的研究。公开发表论文 80 多篇，其中 30 篇 SCI、EI 和 ISTP 收录。

在本项目中承担的任务：

作为项目负责人，一方面把握整个项目的研究方向、方法和算法的研究（重点研究内河交通大数据应用模型的建立方法；研究群桥水域船舶视觉检测和跟踪算法）；另一方面把握项目的研究进度，协调项目组内、校内和校外的研究、实验和管理工作。

2、大学开始受教育经历

- 1981/09-1985/06，武汉交通科技大学，船舶港口电气自动化专业，本科/学士学位
- 1985/09-1988/06，武汉交通科技大学，电力传动及自动化专业，工学硕士学位，导师：黎明森
- 1988/09-2002/06，武汉理工大学，船舶与海洋结构物设计制造专业操纵与控制专业方向，工学博士学位，导师：吴秀恒

3、研究工作经历

- 1988/09-1990/06，武汉水运工程学院计算机与自动化系，船港电气自动化教研室，助教
- 1990/09-1995/06，武汉交通科技大学计算机与自动化系，电气自动化教研室，讲师
- 1995/09-2000/06，武汉交通科技大学控制工程系，自动化教研室，副教授
- 2000/09-至今，武汉理工大学自动化学院，教授、博士生导师

4、科研成果

近 3 年来发表的主要论文：

- Teng F, Liu Q. Multi-scale ship tracking via random projections[J]. Signal, Image and Video Processing, 2014,8(6):1069-1076. (SCI 检索)
- Teng F, Liu Q. Robust multi-scale ship tracking via multiple compressed features fusion[J]. Signal Processing: Image Communication, 2015,31:76-85. (SCI 检索)
- Teng F, Liu Q, Zhu L. Robust inland waterway ship tracking via orthogonal particle Filter-Based predator[J]. International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 2014,7(6):125-136. (EI 检索)
- Hu Z, Liu Q. Single image haze removal method for Inland river[J]. Telkomnika - Indonesian Journal of Electrical Engineering, 2013,11(1):362-370. (EI 检索)
- Hu Z, Liu Q. A method for dehazed image quality assessment, Shenzhen, China, 2014[C]. (EI 检索)
- Teng F, Liu Q, Mei L, et al. Robust visual tracking via part-based template matching with low-rank regulation, Yangzhou, China, 2016[C]. (EI 检索)
- Teng F, Liu Q, Zhu L, et al. Robust inland waterway ship tracking via hybrid TLD and kalman filter, Wuhan, Hubei, China, 2014[C]. (EI 检索)



- Hu Z, Liu Q. Single image haze removal method for Inland river[J]. Telkomnika - Indonesian Journal of Electrical Engineering, 2013,11(1):362-370.
- 黄明晶, 刘清, 熊燕帆, 等. 面向内河雾天图像的大气光亮度值估算方法研究[J]. 交通信息与安全, 2013(03):33-38.
- 滕飞, 刘清, 郭建明, 等. TLD 框架下的内河船舶跟踪[J]. 应用科学学报, 2014(01):105-110.
- 刘清, 熊燕帆, 黄明晶, 等. 基于内河单幅图像的去雾算法研究[J]. 交通信息与安全, 2014(01):84-90.
- 胡众义, 刘清, 郭建明, 等. 一种基于 SVM 分类的雾图自动检测方法[J]. 计算机仿真, 2015,32(2):342-346.

主要主持完成的相关课题:

- 面向电子巡航的内河视频智能分析算法研究(编号: 51279152), 国家自然科学基金项目, 2013.1~2016.1, 已结题, 项目负责人

申请发明专利:

- 刘清, 谢兆青, 李剑华, 等. 桥式抓斗卸船机作业在线监测及绩效考核系统及方法, 中国, 发明专利申请号: 201510750219.8

申请软件著作权:

- 谢兆青, 刘清, 丁志辉, 等. 港口生产作业环境监控系统 V1.0, 授权编号: 2016R11L352072

主要成员: 郭建明

1、个人简介(应包含本项目中承担的任务)

郭建明: 男, 1962 年 10 月出生。1985 年 7 月武汉水运工程学院电工系船舶港口电气自动化专业大学毕业, 2003 年 4 月武汉理工大学自动化学院控制理论与控制工程专业硕士研究生毕业, 获硕士学位。现为武汉理工大学自动化学院教授。公开出版教材 3 部, 公开发表论文 10 余篇。主持和参加的科研项目近 10 项。

在本项目中承担的任务:

在本项目中主要承担: 研究非结构化数据预处理方法; 研究船舶行为等。

2、大学开始受教育经历

- 1981/09-1985/06, 武汉交通科技大学, 船舶港口电气自动化专业, 本科/学士学位
- 2000/09-2003/06, 武汉理工大学, 自动化专业, 研究生/工学硕士学位, 导师: 李汉强

3、研究工作经历

- 1985/09-1990/06, 武汉港务局轮驳公司, 担任船舶修理监理工程师
- 1990/09-2003/06, 武汉铁路运输学校教务处, 电子专业高级教师以及教务处长
- 2003/09-2011/06, 武汉理工大学自动化学院, 电工电子教研室主任, 副教授
- 2011/09-至今, 武汉理工大学自动化学院, 电工电子教研室主任, 教授



4、科研成果

近年来发表的相关论文:

- 胡众义, 刘清, 郭建明, 等. 一种基于 SVM 分类的雾图自动检测方法[J]. 计算机仿真, 2015,32(2):342-346.
- 滕飞, 刘清, 郭建明, 等. TLD 框架下的内河船舶跟踪[J]. 应用科学学报, 2014(01):105-110.
- Xu Zhu, Jianming Guo, Zhaoqing Xie. A Dynamic Weighing Method for Portal Crane in Bulk Port:Based on Clustering and BP Neural Network. 2016 International Conference on Industrial Informatics Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration (ICIICTI,2016), 22-25,2016

近年来主持和参加的科研项目:

- 面向电子巡航的内河视频智能分析算法研究(编号: 51279152), 国家自然科学基金项目, 2013.1~2016.1, 已结题, 参与

申请软件著作权:

- 于毅成, 郭建明, 谢兆青, 等. 港口机械作业实时监控软件 V1.0, 授权编号: 2016R11L352145
- 周青, 郭建明, 谢兆青, 等. 门机单机考核管理系统 v1.0, 授权编号: 2016SR327058
- 徐蓝青, 郭建明, 谢兆青, 等. 港口机械作业考核管理系统 V2.0, 授权编号: 2016SR314548

主要成员: 郝勇

1、个人简介(应包含本项目中承担的任务)

郝勇: 男, 1966 年 8 月生, 博士, 副教授。在水上交通安全系统特别是内河交通系统、船舶适航与水上交通事故、长江干线通航特征、水上交通安全形势评价、海事监管等方面具有较多研究积累, 公开出版 5 部专著, 发表论文 30 余篇学术, 取得了数项科技奖励。

在本项目中承担的任务:

在本项目中主要承担: 研究群桥水域交通大数据的采集方法; 研究结构化数据预处理方法; 研究群桥水域船舶异常行为模式分类方法。

2、大学开始受教育经历

- 1984/09-1987/06, 原武汉河运专科学校, 船舶驾驶系
- 1989/09-1992/06, 武汉大学, 法学院, 专升本, 学士
- 2000/09-2003/06, 武汉理工大学, 航运学院, 硕士, 导师: 李勇
- 2006/09-2012/06, 武汉理工大学, 航运学院, 博士, 导师: 黄立文

3、研究工作经历

- 1987/09-1994/05, 武汉河运专科学校, 船舶驾驶系, 助教



- 1994/06-2000/04, 武汉水运工程学院、武汉交通科技大学, 航运学院, 讲师
- 2000/05-2000/10, 武汉理工大学, 航运学院, 讲师
- 2000/11-至今, 武汉理工大学, 航运学院, 副教授

4、科研成果

近年来发表的相关论文:

- Hu Sihui, Hao Yong, Study on Minimum Safe Manning of Engine Department in The Three Gorges Reservoir Area based on On board Function Model, The 3rd International Conference on Transportation Information and Safety(ICTIS 2015), Wuhan, P.R. China, 2015.06.26-28
- 郝勇, 李翌阳, 陈仕祥, 江长运, 胡刚, 电子巡航系统信息特征及在海事监管中的应用, 中国航海: 2014, 37 (1) :11~15+47
- 郝勇, 王怡, 基于优化 RBF 网络的港口船舶交通流量预测, 中国航海: 2014, 37 (2) : 81~84+117

主持或参加科研项目(课题)及人才计划项目情况:

- 海事科技项目, 20151g0056, VTS 系统操作服务标准, 2015/7-2015/12, 已结题, 主持
- 科学技术部科技支撑计划项目, 2015BAG20B05, 长江水运安全风险防控技术与示范课题五: 复杂航段安全驾驶与应急能力提升技术与应用, 2015/1-2016/12, 已结题, 参加
- 一般纵向课题, 20151g0045, 电子巡航操作应用研究, 2015/10-2016/10, 已结题, 主持
- 海事科技项目(一般纵向), 20151g0076, 长江干线水上交通安全状况评价方法研究, 2015/3-2016/6, 已结题, 主持

著作:

- 郝勇 主编, 水上交通工程, 武汉理工大学出版社, 329 千字, 2015
- 郝勇, 李毓江 主编, 内河水运搜救理论与实务, 武汉理工大学出版社, 444 千字, 2015

获奖情况:

- 郝勇 (1/5), 内河船舶等级划分与安全配员标准研究, 中国航海学会, 中国航海学会科学技术奖, 三等奖, 2013。(郝勇, 黄立文、李玉华、刘亮、桓兆平)
- 郝勇 (6/10), 电子巡航监管模式及运行规范研究, 交通运输部长江航务管理局, 长航科技奖, 二等奖, 2014。(徐春、王潮、范贤华、张刚、陈仕祥、郝勇、黄钢、吴乃平、刘少壮、史云剑)
- 郝勇 (3/7) 长江海事“五化”建设指标体系研究, 交通运输部长江航务管理局, 长航科技奖, 三等奖, 2014。(陈俊、曾凡文、郝勇、张友平、胡玫、王怡、魏秋华)

主要成员: 李向舜



1、个人简介（应包含本项目中承担的任务）

李向舜：男，1979 年 1 月出生，满族。博士，副教授。新西兰奥克兰大学访问学者（2013.12-2015.01）、加拿大西安大略大学访问学者（2016.01-2016.12）。2009 年 6 月华中科技大学控制科学与工程专业博士毕业。分别于 2004 年 6 月和 2001 年 6 月于武汉理工大学控制理论与控制工程、自动化专业获硕士、学士学位。研究方向为复杂系统智能控制及故障诊断。多年来，主持和参与国家级、省部级项目 10 余项，其他横向项目 30 余项。公开发表论文 20 余篇，其中第一作者发表论文被 SCI/EI 收录 10 余篇。申请发明专利、实用新型专利 10 余项。其中第一发明人获发明专利授权 2 项、实用新型专利获授权 4 项。

在本项目中承担的任务：

在本项目中主要承担：研究基于船舶操纵模拟器的船舶异常行为库的建立方法；研究基于 FPGA+DSP 的高速视频图像处理器的船舶视觉检测、识别与跟踪算法的移植。

2、大学开始受教育经历

- 1997/09-2001/06，武汉理工大学，自动化，本科/学士学位
- 2001/09-2004/06，武汉理工大学，控制理论与控制工程，研究生/工学硕士,导师：姜德生
- 2005/09-2009/06，华中科技大学，控制科学与工程，博士，导师：方华京

3、研究工作经历

- 2004/07-2006/08,武汉理工大学，自动化学院，助教
- 2006/09-2011/08，武汉理工大学，自动化学院，讲师
- 2010/11-2013/06，武汉理工大学，能源与动力工程学院，博士后，导师：严新平
- 2011/09-至今，武汉理工大学，自动化学院，副教授
- 2013/12-2015/01,新西兰奥克兰大学，电子与计算机系，访问学者，导师：Sing-Kiong Nguang
- 2016/01-2016/02，加拿大西安大略大学，电子与计算机系，短期访问，导师：姜晶

4、科研成果

近年来发表的相关论文：

- Li, Xiangshun, Control for Formation of Multi-Agent Systems with Time-varying Delays and Uncertainties based on LMI, AUTOMATIKA, 57(2), 441-451, 2016. (DOI: 10.7305/automatika.2016.10.1012) (ISSN: 0005-1144) SCI.
- Xiangshun Li, Cheng Lei, Lijing Dong and Sing-Kiong Nguang.Guaranteed convergence control for consensus of mobile sensor networks with dynamical topologies. International Journal of Distributed Sensor Networks. 12(11).2016 (DOI: 10.1177/1550147716674011) (ISSN:1550-1477) (SCI 待收录) .
- Cheng Lei, Xiangshun Li, Di Wei.Observability And Controllability Analysis Of Pipeline System.2016 International Conference on Industrial Informatics-Computing Technology,



Intelligent Technology (ICIICII).2016 (ISBN:978-1-4673-8312-7) (EI 待收录) .

- Lijing Dong, Senchun Chai, Baihai Zhang, Xiangshun Li, Sing-kiong Nguang, Cooperative relay tracking strategy for multi-agent systems with assistance of Voronoi diagrams, Journal of the Franklin Institute-Engineering and Applied Mathematics,2016,353(17):4422-4441.
- Lijing Dong, Senchun Chai, Baihai Zhang, Xiangshun Li, Sing-kiong Nguang. Finite interval tracking algorithm for nonlinear multi-agent systems with communication delays, International journal of system science, 2016,47(15):3509-3517.
- Di Wei, Xiangshun Li, Cheng Lei.Model Predictive Control for Electric Heaters..2016 International Conference on Industrial Informatics-Computing Technology, Intelligent Technology (ICIICII).2016 (ISBN:978-1-4673-8312-7) (EI 待收录) .
- Li, Xiangshun, Lu, Jianghua. Control for the three-phase four-wire four-leg APF based on SVPWM and average current method. Active and Passive Electronic Components, v 2015, 2015.(EI: 20151500734200)(ISSN:08827516).
- Xiangshun Li, Hongliang He, Jianghua Lu and Zhiwei Liang. Modified Synchronous Reference Frame Method for Active Power Filter Under Asymmetric and Distorted Supply Voltages Condition. 1~5,2015, 2015 International Conference on Industrial Informatics-Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration EI:20161702302621) (ISBN:978-1-4673-8312-7) .
- Xiangshun Li, Hongliang He. Modified synchronous reference frame method for active power filter under asymmetric and distorted supply voltages condition, 2015 International conference on industrial informatics-computing technology, intelligent technology, Wuhan, 2015:1-5.
- Yang, Xing, Li, Xiang Shun. Analysis and design on course control for sail-assisted ship. Advanced Materials Research, v1008-1009, p556-561,2014. (EI:20143618131832) (ISSN:1022-6680).
- Li, Xiang-Shun, Fang, Hua-Jing. Robust stability of vehicles formations with time delays and uncertainties. 2013 IEEE Conference Anthology, ANTHOLOGY 2013, 2014. (EI:20141817681823) (ISBN:9781479916603).

近年来主持和参加的科研项目：

- 中国博士后科学基金项目：风帆助航船舶航向保持控制算法研究，2011.11-2013.06，结题，主持

参与申请发明专利：

- 李向舜，杨亚宾，严新平，等. 一种风帆助航船舶控制系统，中国，发明专利授权号：ZL201310268596.9
- 李向舜，杨幸，严新平，等. 一种风帆助航船舶航向控制方法及系统，中国，发明专利授权号：CN201310542379



主要成员：谢兆青

1、个人简介（应包含本项目中承担的任务）

谢兆青，男，1987 年 3 月出生，湖北，汉族，现为武汉理工大学能源与动力工程学院博士生。研究方向为智能交通工程。

本项目承担的任务：

在本项目中主要承担：研究群桥水域船舶行为；研究群桥水域异常行为船舶的识别方法。

2、大学开始受教育经历

- 2005/09—2009/06，武汉理工大学自动化学院，自动化专业，本科/学士学位
- 2009/09—2012/06，武汉理工大学自动化学院，控制科学与工程，硕士，导师：刘清
- 2014/09—至今，武汉理工大学能源与动力工程学院，智能交通工程，博士在读，导师：刘清

3、科研成果

发表论文如下：

- Z Xie, Q Liu, L Xu. A New Quantum-Behaved PSO: Based on Double δ - Potential Wells Model, Xiamen, China, 2016[C].
- Xu Zhu, Jianming Guo, Zhaoqing Xie. A Dynamic Weighing Method for Portal Crane in Bulk Port: Based on Clustering and BP Neural Network. 2016 International Conference on Industrial Informatics Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration (ICIICIT,2016), 22-25,2016.

参与申请发明专利：

- 刘清，谢兆青，李剑华，等. 桥式抓斗卸船机作业在线监测及绩效考核系统及方法，中国，发明专利申请号：201510750219.8

参与获得软件著作权登记权：

- 谢兆青，刘清，丁志辉，等. 港口生产作业环境监控系统 V1.0，授权编号：2016R11L352072
- 于毅成，郭建明，谢兆青，等. 港口机械作业实时监控软件 V1.0，授权编号：2016R11L352145
- 周青，郭建明，谢兆青，等. 门机单机考核管理系统 v1.0，授权编号：2016SR327058
- 徐蓝青，郭建明，谢兆青，等. 港口机械作业考核管理系统 V2.0，授权编号：2016SR314548

主要成员：颜为朗

1、个人简介（应包含本项目中承担的任务）

颜为朗，男，1992 年生，湖北，汉族，2015 年毕业于武汉理工大学自动化学院自动化



专业，现为武汉理工大学自动化学院硕士研究生。研究方向为图像处理与计算机视觉。

本项目承担的任务：

在本项目中主要承担：研究群桥水域船舶视觉检测与跟踪算法。

2、大学开始受教育经历

- 2011/09—2015/06，武汉理工大学，自动化专业，本科/学士学位。
- 2015/09—至今，武汉理工大学，控制工程与科学，硕士在读，导师：刘清。

主要成员：陈志华

1、个人简介（应包含本项目中承担的任务）

陈志华，男，1993年生，福建，汉族，2015年毕业于武汉理工大学自动化专业，现为武汉理工大学自动化学院硕士研究生。研究方向为控制科学与工程。

本项目承担的任务：

在本项目中主要承担：建立面向内河交通大数据的 Hadoop 分析平台。

2、大学开始受教育经历

- 2011/09—2015/06，武汉理工大学，自动化专业，本科/学士学位。
- 2015/09—至今，武汉理工大学，控制工程与科学，硕士在读，导师：刘清。

主要成员：贾磊

1、个人简介（应包含本项目中承担的任务）

贾磊，男，1992年生，内蒙古，蒙古族，2015年毕业于武汉理工大学自动化专业，现为武汉理工大学自动化学院硕士研究生。研究方向为控制科学与工程。

本项目承担的任务：

在本项目中主要承担：建立面向内河交通大数据的 Hadoop 分析平台。

2、大学开始受教育经历

- 2011/09—2015/06，武汉理工大学，自动化专业，本科/学士学位。
- 2015/09—至今，武汉理工大学，控制工程与科学，硕士在读，导师：刘清。



四、附件

(一) 附件目录

本项目上传的电子附件材料清单如表 4 所示。

表 4 电子附件材料清单

编号	附件类型	附件名称
1.	代表性专著	Robust multi-scale ship tracking via multiple compressed features fusion
2.	代表性专著	Multi-scale ship tracking via random projections
3.	代表性专著	波纹干扰抑制下内河 CCTV 系统运动船舶检测
4.	其他（软件著作权）	内河船舶视频跟踪处理平台



刘清 简历

武汉理工大学，自动化学院，教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

1. 1997/9 - 2002/7， 武汉理工大学， 流体力学， 博士， 导师：吴秀恒
2. 1985/9 - 1988/6， 武汉水运工程学院， 电力传动及其自动化， 硕士， 导师：黎明森
3. 1981/9 - 1985/7， 武汉水运工程学院， 船舶港口电气自动化， 学士， 导师：黎明森

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

1. 2000/11-至今， 武汉理工大学， 自动化学院， 教授
2. 1995/11-2000/11， 武汉交通科技大学， 信息工程学院， 副教授
3. 1990/11-1995/11， 武汉水运工程学院， 计算机及自动化学院， 讲师
4. 1988/7-1990/11， 武汉水运工程学院， 计算机及自动化学院， 助教

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）：

主持或参加科研项目（课题）及人才计划项目情况：

1. 面向电子巡航的内河视频智能分析算法研究，51279152，国家自然科学基金项目，2013/01-2016/12，74万元，已结题，主持

代表性研究成果和学术奖励情况

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称（或会议论文集名称及起止页码）、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。）

一、期刊论文

1. 既非第一作者又非通讯作者论文

- (1) 李龙利，**刘清**，郭建明，周生辉，有损压缩的视频图像去雾算法，模式识别与人工智能，2011.01.01，（06）：833~838
- (2) 曲永宇，**刘清**，郭建明，周生辉，基于HOG和颜色特征的行人检测，武汉理工大学学报，2011.01.01，（04）：134~138



- (3) 熊燕, **刘清**, 江源远, 周雅琪, 基于K均值和不变矩的粒子滤波视频目标跟踪, 交通信息与安全, 2011.01.01, (06): 29~33+49
- (4) 黄明晶, **刘清**, 熊燕帆, 郭建明, 面向内河雾天图像的大气光亮度值估算方法研究, 交通信息与安全, 2013.6.20, (03): 33~38
- (5) Hu, Zhongyi, 2^(*), Liu, Qiu, 3, Single image haze removal method for Inland river, Telkomnika, 2013.01.01, 11 (1): 362~370
- (6) Fei Teng, **Qing Liu**, Zhu Lin, Robust inland waterway ship tracking via orthogonal particle filter-based Predator, International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, 2014.01.01, 7 (6): 125~136
- (7) 滕飞, **刘清**, 朱琳, 一种快速鲁棒的内河CCTV系统船舶跟踪算法, 武汉理工大学学报, 2014.01.01, 36 (5): 80~85
- (8) FeiTeng, **Qing Liu**, Multi-scale ship tracking via random projections, Signal, Image, and Video Processing, 2014.01.01, 8 (6): 1069~1076
- (9) **刘清**, 熊燕帆, 黄明晶, 郭建明, 基于内河单幅图像的去雾算法研究, 交通信息与安全, 2014.01.01, (01): 84~90
- (10) 滕飞, **刘清**, 郭建明, 周雅琪, TLD框架下的内河船舶跟踪, 应用科学学报, 2014.01.01, (01): 105~110
- (11) 朱琳, 郭建明, **刘清**, 李静, 基于可变形部件模型的内河多船舶跟踪算法研究, 计算机科学, 2015.01.01, (3): 311~315
- (12) 滕飞, **刘清**, 朱琳, 李静, 波纹干扰抑制下内河CCTV系统运动船舶检测, 计算机仿真, 2015.01.01, 32 (6): 247~250
- (13) Fei Teng, **Qing Liu**, Robust multi-scale ship tracking via multiple compressed features fusion, Signal Processing: Image Communication, 2015.2.1, 31: 76~85
- (14) 胡众义, **刘清**, 郭建明, 徐华中, 一种基于SVM分类的雾图自动检测方法, 计算机仿真, 2015.01.01, 32 (2): 342~346

二、会议论文

1. 既非第一作者又非通讯作者论文

- (1) FeiTeng, **Qing Liu**, Lin Zhu, X.Y Gao, Robust Multi-scale Ship Tracking via Extended MIL Tracker, 2014 International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE), Antalya, Turkey, 2014.1.20-2014.1.21
- (2) Hu Zhongyi, **Qing Liu**, A Method for Dehazed Image Quality Assessment, 2013 International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering (ISKE 2013), 中国, 深圳, 2013.11.20-2013.11.23



(3) FeiTeng, **Qing Liu**, XueyingGao, Lin Zhu, REAL-TIME SHIP TRACKING VIA ENHANCED MIL TRACKER, Fourth International Conference on Emerging Trends in Engineering & Technology (IETET-2013), Kanyakumari, India, 2013.10.25-2013.10.27

(4) Hu, Zhongyi^{1, 2}, Liu, Qing^{1, 3}, Zhou, Shenghui³, Huang, Mingjing³, Teng, Fei³, Image dehazing algorithm based on atmosphere scatters approximation model, 19th International Conference on Neural Information Processing, ICONIP 2012, Doha, Qatar, 2012.11.12-2012.11.15

NSFC 2017



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

参与者 简历

郭建明，武汉理工大学，自动化学院，教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

- 2000/09-2003/06，武汉理工大学，自动化专业，研究生/工学硕士学位，导师：李汉强
- 1981/09-1985/06，武汉交通科技大学，船舶港口电气自动化专业，本科/学士学位

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

- 2011/09-至今，武汉理工大学自动化学院，电工电子教研室主任，教授
- 2003/09-2011/06，武汉理工大学自动化学院，电工电子教研室主任，副教授
- 1990/09-2003/06，武汉铁路运输学校教务处，电子专业高级教师以及教务处长
- 1985/09-1990/06，武汉港务局轮驳公司，担任船舶修理监理工程师

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无。

主持或参加科研项目(课题)及人才计划项目情况(按时间倒序排序)：

- 面向电子巡航的内河视频智能分析算法研究(编号：51279152)，国家自然科学基金项目，2013.1~2016.1，已结题，参与。

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加以说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称(或会议论文集名称及起止页码)、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本



人姓名加粗显示。)

一、期刊论文（仅不列此项时可删除该标题）

- 胡众义, 刘清, 郭建明*, 等. 一种基于SVM分类的雾图自动检测方法[J]. 计算机仿真, 2015, 32(2):342-346.
- 滕飞, 刘清, 郭建明*, 等. TLD框架下的内河船舶跟踪[J]. 应用科学学报, 2014(01):105-110.

二、会议论文（仅不列此项时可删除该标题, 标题序号按实际情况编排）

- Xu Zhu, Jianming Guo*, Zhaoqing Xie. A Dynamic Weighing Method for Portal Crane in Bulk Port: Based on Clustering and BP Neural Network. 2016 International Conference on Industrial Informatics Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration (ICIICIT, 2016), 22-25, 2016.

三、授权发明专利（仅不列此项时可删除该标题, 标题序号按实际情况编排）

- 于毅成, 郭建明, 谢兆青, 等. 港口机械作业实时监控软件V1.0, 授权编号: 2016R11L352145
- 周青, 郭建明, 谢兆青, 等. 门机单机考核管理系统 v1.0, 授权编号: 2016SR327058
- 徐蓝青, 郭建明, 谢兆青, 等. 港口机械作业考核管理系统V2.0, 授权编号: 2016SR314548



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

参与者 简历

郝勇：武汉理工大学，航运学院，副教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

2006/9-2012/6，武汉理工大学，航运学院，博士，导师：黄立文

2000/9-2003/6，武汉理工大学，航运学院，硕士，导师：李勇

1989/9-1992/6，武汉大学，法学院，专升本，学士

1984/9-1987/6，原武汉河运专科学校，船舶驾驶系

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

2000/11-至今，武汉理工大学，航运学院，副教授

2000/5-2000/10，武汉理工大学，航运学院，讲师

1994/6-2000/4，武汉水运工程学院、武汉交通科技大学，航运学院，讲师

1987/9-1994/5，武汉河运专科学校，船舶驾驶系，助教

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无。

主持或参加科研项目(课题)及人才计划项目情况(按时间倒序排序)：

1. 海事科技项目，20151g0056，VTS系统操作服务标准，2015/7-2015/12，50万元，已结题，主持
2. 科学技术部科技支撑计划项目，2015BAG20B05，长江水运安全风险防控技术与示范课题五：复杂航段安全驾驶与应急能力提升技术与应用，2015/1-2016/12，300万，在研，参加
3. 一般纵向课题，20151g0045，电子巡航操作应用研究，2015/10-2016/10，20万，在研，主持
4. 一般纵向课题，20151g0150，长江海事局《职工知识读本下册-海事管理实务》教材编写，2015/11-2016/10，28万，在研，主持
5. 海事科技项目（一般纵向），20151g0140，关于船员权益保障课程标准的开发研究，2015/12-2016/10，16万元，在研，主持
6. 海事科技项目（一般纵向），20151g0076，长江干线水上交通安全状况评



- 价方法研究, 2015/3-2016/6, 15万元, 在研, 主持
7. 海事科技项目(一般纵向), 20151g0143, 长江海事局辖区非运输船舶安全监督管理, 2015/4-2016/4, 10万, 在研, 主持
 8. 海事科技项目(一般纵向), 20141g0074, 水上交通事故管理致因调查的标准做法研究, 2015/4-2015/12, 10万, 结题, 主持
 9. 海事科技项目(一般纵向), 20141g0046, 年度定期船舶签证管理机制研究, 2014/2-2014/12, 20万, 结题, 主持
 10. 海事科技项目(一般纵向), 20141g0043, 取消船舶签证后的海事管理对策研究, 2014/5-2015/1, 20万, 结题, 主持
 11. 海事科技项目(一般纵向), 20141g0072, 内河船舶安全检查智能处置系统研究, 2014/5-2015/12, 20万, 结题, 主持
 12. 横向课题, 20143h0064, 武汉青山长江大桥工程通航安全评估, 2014/3-2015/10, 71万, 结题, 主持
 13. 海事科技项目(一般纵向), 三峡库区及J级航段船舶最低安全配员标准研究, 2013/3-2013/12, 8万, 结题, 主持
 14. 横向课题, 长江海事局“五化”建设指标体系研究, 2012/4-2012/12, 20万, 结题, 主持
 15. 海事科技项目(横向项目), 海船船员和内河船员适任评定标准对比研究, 2012/4-2012/12, 20万, 结题, 参加
 16. 海事科技项目(横向项目), 长江海事局内河船员计算机终端考试系统工程区域考试系统, 2012/4-2012/12, 69万, 结题, 主持
 17. 海事科技项目(横向), 长江干线电子巡航模式与运行规范研究, 2012/2-2012/12, 15万, 结题, 主持
 18. 横向课题, 20123h0699, 芜湖长江公路二桥通航安全研究, 2012/5-2014/6, 80万, 结题, 主持

代表性研究成果和学术奖励情况(每项均按时间倒序排序)

(请注意: ①投稿阶段的论文不要列出; ②对期刊论文: 应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷(期)及起止页码(摘要论文请加以说明); ③对会议论文: 应按照论文发表时作者顺序列



出全部作者姓名、论文题目、会议名称(或会议论文集名称及起止页码)、会议地址、会议时间;④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况:所有共同第一作者均加注上标“#”字样,通讯作者及共同通讯作者均加注上标“*”字样,唯一第一作者且非通讯作者无需加注;⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。)

一、期刊论文(仅不列此项时可删除该标题)

请按如下顺序列出:

1. 第一作者论文(仅不列此项时可删除该标题)

郝勇,王怡,基于优化RBF网络的港口船舶交通流量预测,中国航海:2014,37(2):81~84+117

郝勇,李翌阳,陈仕祥,江长运,胡刚,电子巡航系统信息特征及在海事监管中的应用,中国航海:2014,37(1):11~15+47

郝勇,桑凌志,基于SHEL模型的内河船舶最低安全配员研究,理工大学学报(交通科技版):2012,36(2):351~355

郝勇,吴志新,傅春燕,长江干线船舶碰撞原因的故障树分析——以武汉海事局辖区水域为例,中国安全生产科学技术:2010,6(5):171~176

郝勇,傅春燕,吴志新,厦门海上突发事件应急管理体系分析及完善,水运管理:2009,31(12):25~27

郝勇,童飞,水上交通事故致因理论探讨,船海工程,2006(2):83~86

郝勇,童飞,基于BP神经网络的集装箱运量预测及其MATLAB实现,中国水运(理论版):2005(9):63~64

郝勇,胡昌桂,船舶信息综合系统探析,2003(2):31~32

2. 既非第一作者又非通讯作者论文(仅不列此项时可删除该标题,序号按实际情况编排)

童飞,郝勇,国内外海事调查比较,航海技术:2004(3):79~80

胡昌桂,郝勇,基于C/S和B/S混合模式的海事管理信息系统的设计与实现,交通科技:2004(1):80~82

王宏波,郝勇,港口国监控中黑-灰-白名单的确定方法,交通科技:2004(1):83~85

二、会议论文(仅不列此项时可删除该标题,标题序号按实际情况编排)

请按如下顺序列出:



1. 第一作者论文（仅不列此项时可删除该标题）

Hao Yong ,Sang lingzhi, Classification of inland ships, Proceeding of the 1st International Conference on Transportation Information and Safety (ICTIS2011), Wuhan, P.R. China, 2011.06.29-07.02

Hao Yong, Jiang Changyun, Tan Qinwen, Capability Evaluation of Maritime Emergency Management System, 2012 11th International Symposium on Distributed Computing and Applications to Business, Engineering & Science (DCABES,2012), Guilin,P. R.China, 2012.10.19-22

2. 既非第一作者又非通讯作者论文（仅不列此项时可删除该标题，序号按实际情况编排）

Hu Sihui, **Hao Yong**, Study on Minimum Safe Manning of Engine Department in The Three Gorges Reservoir Area based on On board Function Model, The 3rd International Conference on Transportation Information and Safety(ICTIS 2015), Wuhan, P.R. China, 2015.06.26-28

三、专著（仅不列此项时可删除该标题，标题序号按实际情况编排）

陈刚，**郝勇**，船员劳动权益与社会保障，武汉理工大学出版社，555千字，2012

六、其他成果（请按发表或发布时的格式列出）（仅不列此项时可删除该标题，标题序号按实际情况编排）

郝勇 主编，水上交通工程，武汉理工大学出版社，329千字，2015

郝勇，李毓江 主编，内河水上的搜救理论与实务，武汉理工大学出版社，444千字，2015

郝勇，主编，（船员专业知识培训系列教材）之 熟悉与基本安全——个人安全与社会责任，武汉理工大学出版社，307千字，2011

郝勇 主编，海事管理学，武汉理工大学出版社，649千字，2007

七、获得学术奖励（仅不列此项时可删除该标题，标题序号按实际情况编排）

格式：获奖人（获奖人排名/获奖人数），获奖项目名称，奖励机构，奖励类别，奖励等级，颁奖年份（所有获奖人名单附后）



郝勇 (1/5), 内河船舶等级划分与安全配员标准研究, 中国航海学会, 中国航海学会科学技术奖, 三等奖, 2013

(**郝勇**, 黄立文、李玉华、刘亮、桓兆平)

郝勇 (6/10), 电子巡航监管模式及运行规范研究, 交通运输部长江航务管理局, 长航科技奖, 二等奖, 2014

(徐春、王潮、范贤华、张刚、陈仕祥、**郝勇**、黄钢、吴乃平、刘少壮、史云剑)

郝勇 (6/9), 内河船舶最低安全配员研究, 交通运输部长江航务管理局, 长航科技奖, 二等奖, 2011

(刘亮、桓兆平、潘世雄、黄菊、吴和荣、**郝勇**、刘欣伟、高曦、季学文)

郝勇 (3/7) 长江海事“五化”建设指标体系研究, 交通运输部长江航务管理局, 长航科技奖, 三等奖, 2014

(陈俊、曾凡文、**郝勇**、张友平、胡玫、王怡、魏秋华)



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

李向舜 简历

武汉理工大学，自动化学院，副教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

2005/09-2009/06，华中科技大学，控制科学与工程，博士，导师：方华京

2001/09-2004/06，武汉理工大学，控制理论与控制工程，硕士，导师：姜德生

1997/09-2001/06，武汉理工大学，自动化，学士

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

2011/09-至今，武汉理工大学，自动化学院，副教授

2006/09-2011/08，武汉理工大学，自动化学院，讲师

2004/07-2006/08，武汉理工大学，自动化学院，助教

2016/01-2016/02，加拿大西安大略大学，电子与计算机系，短期访问，导师：姜晶

2013/12-2015/01，新西兰奥克兰大学，电子与计算机系，访问学者，导师：Sing-Kiong Nguang

2010/11-2013/06，武汉理工大学，能源与动力工程学院，博士后，导师：严新平
曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无。

主持或参加科研项目(课题)及人才计划项目情况(按时间倒序排序)：

1. 中国博士后科学基金项目，2011M501255，风帆助航船舶航向保持控制理论研究，2011.11-2012.12，已结题
2. 武汉市晨光计划项目，201150431090，多无人驾驶车辆编队行驶控制算法研究，2011.01-2012.12，已结题

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加以说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称(或会议论文集名称及起止页码)、会议



地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。)

一、期刊论文（仅不列此项时可删除该标题）

1. 第一作者论文（仅不列此项时可删除该标题）

(1) Xiangshun Li^{*}, Cheng Lei, Lijing Dong, Sing-Kiong Nguang. Guaranteed convergence control for consensus of mobile sensor networks with dynamical topologies. International Journal of Distributed sensor networks, 2016,12(11):1-10.

(2) Xiangshun Li^{*}, Control for formation of multiagent systems with time-varying delays and uncertainties based on LMI. Automatika-Journal for Control, Measurement, Electronics, Computing and Communications, 2016,57(2):441-451.

(3) Xiangshun Li^{*}, Jianghua Lu. Control for the three-phase four-wire four-leg APF based on SVPWM and average current method. Active and passive electronic components, 2015: 528360.

(4) Xiangshun Li^{*}, Peng Liu, Xinpeng Yan. H_2/H_∞ Control for consensus of networked swarm agents with static connected topology graph. Biotechnology, 2012, 11(5):286-29.

(5) 李向舜^{*}, 方华京. 带时滞群体编队系统收敛性分析. 武汉理工大学学报, 2011,35(6):1307-1310.

2. 既非第一作者又非通讯作者论文(仅不列此项时可删除该标题, 序号按实际情况编排)

(1) Lijing Dong, Senchun Chai, Baihai Zhang, Xiangshun Li^{*}, Sing-kiong Nguang, Cooperative relay tracking strategy for multi-agent systems with assistance of Voronoi diagrams, Journal of the Franklin Institute-Engineering and Applied Mathematics,2016,353(17):4422-4441.

(2) Lijing Dong, Senchun Chai, Baihai Zhang, Xiangshun Li^{*}, Sing-kiong Nguang. Finite interval tracking algorithm for nonlinear multi-agent systems with communication delays, International journal of system science, 2016,47(15):3509-3517.

二、会议论文（仅不列此项时可删除该标题, 标题序号按实际情况编排）



请按如下顺序列出：

1. 第一作者论文（仅不列此项时可删除该标题）

(1) Xiangshun Li*, Hongliang He. Modified synchronous reference frame method for active power filter under asymmetric and distorted supply voltages condition, 2015 International conference on industrial informatics-computing technology, intelligent technology, Wuhan, 2015:1-5.

2. 通讯作者论文（勿与第一作者论文重复）（仅不列此项时可删除该标题，序号按实际情况编排）

3. 既非第一作者又非通讯作者论文（仅不列此项时可删除该标题，序号按实际情况编排）

NSFC 2017



附件信息

序号	附件名称	备注	附件类型
1	Robust multi-scale ship tracking		代表性论著
2	Multi-scale ship tracking via random projections		代表性论著
3	波纹干扰抑制下内河CCTV系统运动船舶检测		代表性论著
4	内河船舶视频跟踪处理平台	软件著作权	其他

NSFC 2017

**签字和盖章页(此页自动生成, 打印后签字盖章)**

申请人: 刘清

依托单位: 武汉理工大学

项目名称: 基于大数据的群桥水域船舶行为分析与异常行为船舶跟踪

资助类别: 面上项目

亚类说明:

附注说明: 常规面上项目

申请人承诺:

我保证申请书内容的真实性。如果获得资助, 我将履行项目负责人职责, 严格遵守国家自然科学基金委员会的有关规定, 切实保证研究工作时间, 认真开展工作, 按时报送有关材料。若填报失实和违反规定, 本人将承担全部责任。

签字:

项目组主要成员承诺:

我保证有关申报内容的真实性。如果获得资助, 我将严格遵守国家自然科学基金委员会的有关规定, 切实保证研究工作时间, 加强合作、信息资源共享, 认真开展工作, 及时向项目负责人报送有关材料。若个人信息失实、执行项目中违反规定, 本人将承担相关责任。

编号	姓名	工作单位名称	证件号码	每年工作时间(月)	签字
1	郭建明	武汉理工大学	420106196210251713	8	
2	郝勇	武汉理工大学	420106196608122831	8	
3	李向舜	武汉理工大学	13262219790125001X	8	
4	谢兆青	武汉理工大学	421081198703111895	10	
5	杨靓	武汉理工大学	420106198601200429	10	
6	王佩佩	武汉理工大学	340323198512036935	10	
7	颜为朗	武汉理工大学	420922199211306074	10	
8	陈志华	武汉理工大学	350321199301275657	10	
9	贾磊	武汉理工大学	150104199209280117	10	

依托单位及合作研究单位承诺:

已按填报说明对申请人的资格和申请书内容进行了审核。申请项目如获资助, 我单位保证对研究计划实施所需要的人力、物力和工作时间等条件给予保障, 严格遵守国家自然科学基金委员会有关规定, 督促项目负责人和项目组成员以及本单位项目管理部门按照国家自然科学基金委员会的规定及时报送有关材料。

依托单位公章

日期:

合作研究单位公章1

日期:

合作研究单位公章2

日期: