



人工智能监控及助航系统 在四川省高等级航道中的应用

胡 阳¹, 张 谧², 孟如真², 张国瑞¹

(1. 四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017;

2. 中国市政工程西南设计研究总院有限公司, 四川 成都 610084)

摘要: 分析国内外智能航道的发展现状, 提出基于水位推算模型、视频识别技术、集成嵌入式 GPS 芯片、相关硬件设施和交互式操作界面的人工智能监控及助航系统。该系统以岷江(龙溪口—合江门段)为研究对象, 通过对水位、船舶和航标等航道动态信息的识别采集和统计分析, 实现航道资源管理的智能化, 提高航道的监管和运营效率, 并为航道主管部门的决策提供助益。系统将在加快四川航道的智能化建设和助力交通运输行业实现“碳达峰、碳中和”的过程中发挥积极作用。

关键词: 人工智能监控及助航系统; 智能航道; 水位预警; 视频识别技术

中图分类号: TP 315; U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S1-0125-04

Application of AI monitoring and navigation-supporting system in Sichuan's high-grade channels

HU Yang¹, ZHANG Mi², MENG Ru-zhen², ZHANG Guo-rui¹

(1. Sichuan Communication Surveying & Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610017, China;

2. Southwest Municipal Engineering Design & Research Institute of China, Chengdu 610084, China)

Abstract: This paper analyzes the development status of intelligent channels both in China and abroad and proposes an AI monitoring and navigation-supporting system that integrates a water level prediction model, video recognition technique, integrated embedded GPS chips, relevant hardware equipment, and interactive operation interface. With Minjiang River (Longxikou-Hejiangmen section) as the research object, the system identifies, collects, and analyzes channel dynamic information such as water level, ships, and beacons. As a result, it achieves intelligent management of channel resources, improves the efficiency of channel supervision and operation, and assists channels' competent departments in decision-making. The system can exert positive effects in speeding up the intelligent construction of Sichuan's channels and helping the transportation industry realize carbon neutrality and carbon peaking.

Keywords: AI monitoring and navigation-supporting system; intelligent channel; water level warning; video recognition technique

自 20 世纪 90 年代起, 美国开展国家智能交通系统(ITS)体系结构的研究。基于此项研究, 美国海岸警备研究发展中心开发建立了一套完善的智能航运信息服务网络系统(IWS)用于水上运输安全与监管; 针对航道及洪水的管理, 日本采用自动化程

度很高的信息系统、洪水泛滥危险图以及具体的危机管理措施, 对航道管理的同时也越来越注重对生态环境的保护; 欧洲莱茵河、多瑙河沿岸国家自 20 世纪 90 年代起纷纷建立了本国或本区域的内河航道信息系统。进入 21 世纪后, 欧盟着手开展欧

洲内河航运综合服务系统(RIS)的研究工作。

2006 年我国原交通部正式批准在南京—浏河口河段(396.5 km)建设我国第一段数字航道。随后, 国内在智能航道建设领域迅速发展; 2012 年, 基于沿运河分布的干线光纤网络, 及近岸自组织无线传感器网络, 无锡航道管理处在苏南运河无锡段构建并开通具有典型物联网特征的航道智能信息管理系统——“感知航道”; 2014 年, 基于船舶自动识别系统(AIS)的智能通行指挥系统为控制河段通行信号台的自动指挥和无人值守奠定了坚实的技术基础^[1]; 2016 年, 基于 Web Service 模式的长江电子航道图系在数据资源、计算资源、应用领域等方面拓展了更多的发挥空间^[2]; 2019 年, 长江数字航道顺利实现全面联通运行目标, 实现了大数据、互联网、人工智能等新技术与长江航道管理服务的深度融合。

1 系统框架

人工智能监控及助航系统^[3]采用基于实测水位统计数据的水位推算模型、基于深度学习算法的视频识别技术(包含检测、识别、跟踪算法等)、集成嵌入式全球定位系统(GPS)芯片、相关硬件设施和交互式操作界面, 实现了对水位、船舶、航标等航道动态信息的识别采集和航道资源的智能管理。人工智能监控及助航系统包含 4 个子系统, 见图 1。

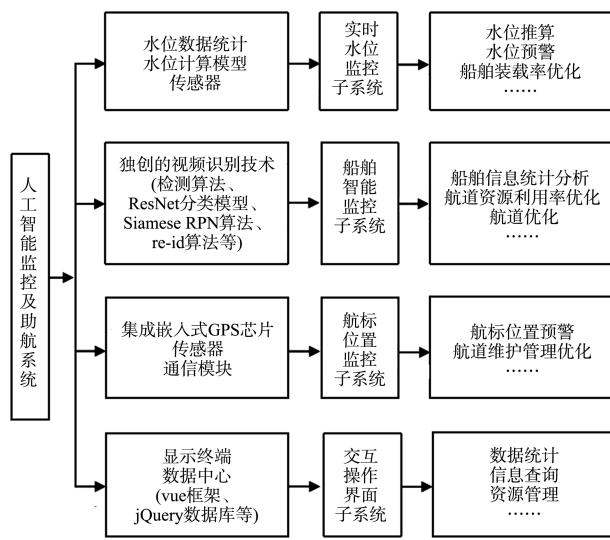


图 1 人工智能监控及助航系统框架

1.1 实时水位监控子系统

实时水位监控子系统包含水位的推算和预警。首先, 利用水位数据的实时采集、传输, 提出基于多点实时水位值的距离加权平均算法, 以推算重点航道任意断面的水位。系统以岷江(龙溪口—合江门段)为对象进行水文相关研究, 在该河段设立 8 个专用水尺断面见图 2, 依次为新民、月波、泥溪、古柏、蕨溪、真溪、思波及铜锣湾, 在每个断面都布设了水位计, 进行 24 h 逐时同步水位观测。此外, 根据航段各滩险的实际情况, 另外设置了临时水尺共 33 组。以上述专用和临时水尺的水位信息作为基础, 可以计算得出拟定的各级流量下的沿程水位并建立航段的水位计算模型(图 3), 以此可推算出该航段任意断面任意流量下的水位。岷江龙溪口枢纽—合江门 81 km 航段在四川省内的航道中具有一定的代表性, 其水位变幅大、流速大、滩险多, 因此选取该航段作为依托工程具有典型效应。



图 2 研究河段专用水尺分布

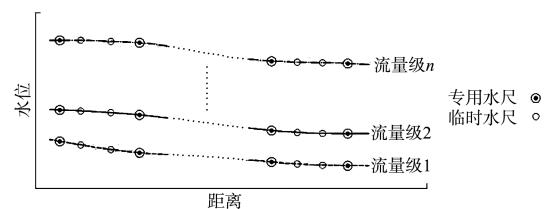


图 3 水位计算模型

其次, 将实测水位值与设定的安全水位范围进行比对, 安全水位采用该航段的最高或最低通航水位。超过安全水位范围的断面水位认为是水位异常状态, 系统会立即进行预警, 即时通知用户异常水位的位置和水位值。

1.2 船舶智能监控子系统

人工智能监控是多种人工智能任务的集合,

其中包括检测、分类、跟踪。近年来, 这 3 个任务的准确性和泛用性得到了长足的进步。本文利用国际先进的深度检测、分类、跟踪算法, 并加以改进, 对内河航道的船舶实现了智能监控。

1) 检测。检测的需求分为 3 个方面: 目标类别数、精度、速度。检测算法需要对这三者取舍, 选择合适的检测模型。用于对比的算法主要有 SSD、YOLO、RetinaNet 等。通过这些算法的对比试验, 可以使检测模型的优化方向更加关注难分类的样本, 并在提高检测精度的同时兼顾检测速度。

2) 分类。采用 ResNet 深度分类模型对船舶类型和大小进行识别。ResNet 网络参考了 VGG19 网络, 在其基础上进行修改, 通过短路机制加入了残差单元。相比于普通网络, ResNet 每两层间增加了短路机制, 形成残差学习, 见图 4。

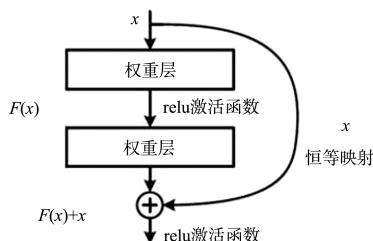


图 4 残差学习单元

3) 跟踪。利用孪生网络和区域推荐网络可以构建一种高速且高性能的单目标跟踪算法 SiameseRPN, 见图 5。其中 CNN 为卷积神经网络; Conv 为卷积; $256 \times 20 \times 20$ 表示数据体尺寸, 即 256 个深度切片, 每个尺寸为 20×20 。在该算法的基础上, 加入了 re-id 算法。通过上述算法的结合, 实现了多目标长距离跟踪。

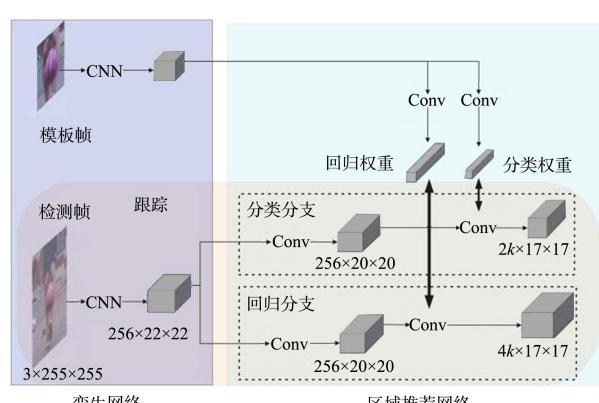


图 5 SiameseRPN 的整体框架

4) 加入跟踪后的检测框极其稳定, 输出结果更平滑, 几乎不存在抖动, 通过对轨迹特征的自动分析和提取, 弥补了视觉目标检测的不足, 可以有效去除错误检测, 增加遗漏检测, 为进一步的船舶流量统计和轨迹分析提供支持。

5) 目前, 水运行业通常采用 AIS 实现船舶的自动识别。AIS 是将船舶的自身属性信息(船位、船速、航向等动态信息和船名、呼号、吃水及危险货物等静态信息)通过配合 GPS 向附近水域船舶及岸台广播, 从而实现船舶识别。这个过程实现的前提是所有船舶安装有 AIS 系统, 并将自身属性信息与船舶交通管理系统(VTS)等终端设备和网络实现连接构成海上交管和监视网络。

但目前四川省境内的高等级航道不多, 船舶流量较小, 船舶吨级也不大。仅有个别船舶安装有 AIS, 岸基网络也没有形成, 多数船舶无法识别。而本系统的船舶智能监控子系统可以在船舶没有安装 AIS 的情况下, 通过独创的视频识别技术, 识别出船舶的尺度、航速、航线轨迹等静态和动态信息, 与目前四川境内的智能航道发展现状相契合。

1.3 航标位置监控子系统

通过在航标上集成嵌入式 GPS 芯片和其他硬件, 按一定时间间隔检测该航标所在的 GPS 坐标, 并通过通信模块, 将位置数据无线传输至服务器, 便可获得实时的航标位置信息。将航标当前位置和初始位置进行比较, 当位置偏移值超过安全范围时, 即认为该航标处于异常状态, 系统将立即进行预警, 即时通知用户该航标的初始位置、当前位置及其他相关信息。

1.4 交互操作界面子系统

交互操作界面子系统见图 6, 它是前面 3 个子系统的集成。通过该系统可设置航段的名称、描述、地理范围、用户信息、创建时间、更新时间等基础信息; 可直观查看三维电子航道图, 了解实时的水位、航标、船舶等动态信息; 可利用云平台数据库对用户资源进行采集、统计和分析; 还可依据个人偏好、业务需要进行自定义设置。该界面操作简单, 经过简单培训后便可熟练使用。



图 6 交互操作界面

2 系统应用

1) 实时水位监控子系统通过对航道水位的即时监控, 改善了传统航道管理过程中的滞后信息所带来的不便, 可以更好地为船舶安全通行提供助航服务。系统可按照用户设定的预警需求, 向对应的电脑终端、短信息、手机 APP、电子公告牌、综合信息大屏幕等预警通道进行消息推送, 即时告知河段的水位情况。

当水位低于最低通航水位时, 系统可警示船舶禁止通行, 最大限度减少重特大水运事故的发生。另外, 在船舶装载过程中, 由于缺少实际的水位信息作为参考, 船舶实际装载时(实际装载率 V_1)会尽可能从安全角度考虑, 无法达到理想装载率(由水位信息推算的最大装载率 V_{max}), 装载效率(V_1/V_{max})趋于保守。当采用人工智能监控及助航系统后, 船舶装载可根据即时的动态水位信息进行调整, 在考虑一定的安全富余后, 尽可能地提高了船舶装载率, 经济效益明显提升。

2) 船舶智能监控子系统采用独创的基于深度学习算法的视频识别技术, 可采集航段中航行船舶的轨迹、流量及船型尺度等信息, 为航道管理部门了解航道运行情况、进行航道维护管理等提供精确、快速、直观、便捷的信息化资料。

此外, 采用传统方式对航道资源进行生产调度时, 由于缺乏即时动态的船舶信息作支撑, 航道资源利用率往往偏于保守。而人工智能监控及助航系统可以根据采集的船舶数据, 实现对航道资源的统筹协调, 优化航道资源利用率。

另外, 通过对船舶进行实时的检测和跟踪可以绘制出船舶航行轨迹。在人工智能监控及助航系统对轨迹数据进行处理和分析后, 便可统计得

出较优航线, 并可显示在系统中的三维电子航道图中, 发布于交通信息平台。通过航线优化可以减少船舶的通航安全风险, 提高航行效率^[4]。

3) 航标位置监控子系统可以对航标位置的异常情况进行及时响应, 为船舶安全通行提供助航服务。针对本文的岷江龙溪口—宜宾合江门段, 采用传统的巡航方式进行航标检查至少需要 1 d 时间, 还须在航道流量和流态满足巡航要求的前提下才可以实现。采用人工智能监控及助航系统后, 不仅可以在任意时刻监控航标设施, 减少能源消耗和环境污染, 还可以在系统预警前提下进行有针对性的重点排查, 大幅提高了航道管理维护水平和安全通航能力。

3 结语

1) 人工智能监控及助航系统通过对通航水位、航行船舶和航标设施等航道信息进行全天候、全区域、全过程的及时、动态、持续的监测, 实现航道资源管理的数字化、信息化、智能化, 提高航道的监管和运营效率, 最大限度减少水运事故发生。

2) 通过该系统采集的船舶流量、航行轨迹等动态信息又可以帮助主管部门进行科学、有效、精确的分析和决策, 提高航道维护及出航巡查的针对性, 并有助于提高船舶装载率及航道资源利用率。

3) 航道的智能化、数字化建设推动了航运技术及管理的创新, 为传统水运赋予新的生机和发展潜能, 必将在助力交通运输行业实现“碳达峰、碳中和”的目标上发挥重要作用。

参考文献:

- [1] 李良雄. 基于 AIS 的控制河段智能通行指挥系统的设计及实现[J]. 水运工程, 2014(11): 39-43.
- [2] 李莉, 何明宪, 翁玉, 等. 基于 Web Service 的长江电子航道图应用服务技术[J]. 水运工程, 2016(1): 78-82, 88.
- [3] 张谧, 张有林, 李家世, 等. 一种用于船舶行驶航线推荐方法及系统: 202010071490.X[P]. 2020-01-21.
- [4] 胡阳, 张谧, 王玲, 等. 人工智能用于船舶航线优化的有效方案[J]. 科技创新导报, 2019, 16(35): 137, 139.