

# 上海市内涝积水信息采集存在问题分析及优化措施建议

高芳琴 孙 丽

(上海市水旱灾害防御技术中心,上海 200050)

**【摘要】** 本文依据上海市2013—2022年内涝积水信息采集实践,总结比较了传感器自动监测、市民热线反馈、专业巡查发现、综合管理报送、影像智能识别和舆情信息提取6种采集方式的特点,分析了城市道路积水信息采集存在的问题,提出了优化多手段互为补充的立体监测体系、提升人工智能在积水发现中的实际应用、深化历史内涝积水数据分析、加强数据在跨部门事件发现处置中的支撑等优化措施建议,为城市内涝积水风险精细化防控提供参考借鉴。

**【关键词】** 城市内涝;内涝积水信息采集;上海市

中图分类号:TV877

文献标志码:B

文章编号:2096-0131(2024)07-056-06

## Analysis and Optimization Measures for Problems in Shanghai Waterlogging Information Collection

GAO Fangqin, SUN Li

(Shanghai Flood and Drought Disaster Prevention Technology Center, Shanghai 200050, China)

**Abstract:** Based on the practice of collecting information on urban waterlogging in Shanghai from 2013 to 2022, this paper summarizes and compares the characteristics of six collection methods: sensor automatic monitoring, citizen hotline feedback, professional inspection discovery, comprehensive management submission, image intelligent recognition, and public opinion information extraction. It analyzes the problems existing in the collection of urban road waterlogging information and proposes optimization measures and suggestions, such as establishing a multi-method complementary three-dimensional monitoring system, enhancing the practical application of artificial intelligence in waterlogging detection, deepening the analysis of historical waterlogging data, and strengthening the support of data in cross-departmental event discovery and disposal. These suggestions serve as a reference for the refinement of urban waterlogging risk prevention and control.

**Key words:** urban waterlogging; waterlogging information collection; Shanghai City

随着经济社会的发展和气候变化日趋复杂,城市水旱灾害防御形势愈加严峻,强暴雨特别是局地强降雨时有发生,造成城市暴雨积水,给城市安全稳定运行

带来严重影响。除了排水系统抵御内涝积水能力不足外,积水信息采集和预警预报能力的不足,以及信息未能充分流转和应用,直接影响着城市内涝风险大小的

收稿日期:2023-12-21

作者简介:高芳琴(1977—),女,高级工程师,博士,主要从事水利信息化、汛情数据分析管理工作。

判别和防灾救灾行动的实施。

近年来,随着机器学习、图像识别、语义分析、移动应用等技术的快速发展,城市内涝积水数据采集方式不断优化,采集效能不断提升。大量城市对积水的监测从人工向自动化转变,通过布设水位传感器,实现积水实时监测<sup>[1-5]</sup>。程诚等<sup>[6]</sup>通过视频监控获取实时水文水资源信息;白岗岗等<sup>[7]</sup>在西安理工大学校内实现了视频监控图像中的积水识别;彭晓等<sup>[8]</sup>、周天颖等<sup>[9]</sup>、王苾梓<sup>[10]</sup>分别基于三亚市的热线数据、台湾省的社交网站脸书数据和上海市新浪微博数据,通过信息特征提取和位置转换,开展了城市内涝信息提取。研究大多从单方面描述了积水信息采集的实现路径,对于多种方法结合和比较的研究较少,栾清华等<sup>[11]</sup>比较了传感器监测、遥感解译等自动监测类采集方式的技术原理及改进方法,但未加入来自专业管理部门和社会公众的海量信息,在数据量、覆盖面上存在明显不足。此外,大部分研究聚焦于采集路径技术实现和信息系统功能设计方面,未能从城市实际应用的角度提出在积水信息采集方面的发展方向思考和实施路径优化的建议和措施。因此,本文立足城市暴雨内涝灾害防治的需求背景,在归纳总结上海市内涝积水信息采集现状的基础上,分析目前数据获取方面存在的主要问题,提出优化积水信息采集和应用的措施建议,以期上海市防汛管理部门及时发现和处置暴雨积水,降低城市内涝带来的风险和影响,以及其他城市内涝防治管理提供借鉴和参考。

## 1 积水数据采集现状

暴雨引起的内涝积水,各大城市几乎年年出现,严重影响人们交通出行。有效提升积水信息采集和预警预报的及时性和准确性,为积水突发事件的快速处置提供数据支撑,对于提高城市排水应急响应能力具有重要意义。目前,上海市获取暴雨积水信息,主要有传感器自动监测、市民热线反馈、专业巡查发现、综合管理报送、影像智能识别和舆情信息提取6种方式。

### 1.1 传感器自动监测

2012年起,上海市实施道路积水自动监测项目,利用道路积水监测设备实时监测易积水点的道路积水深度,同时兼顾雨水管道水位监测,可实时了解监测点道路积水情况、监测点管道水位情况<sup>[12]</sup>。按照单日计次方式,上海市2013—2022年期间通过传感器监测方式共发现道路积水事件约1000次。当道路或下立交积水深度超过监测设定水位时,通过短信和系统自动报警,各级管理部门能够第一时间快速掌握积水情况,为积水处置工作的开展提供重要依据,尤其是在作为城市内涝薄弱环节的下立交管理中发挥重要作用,上海市在下立交积水超过15cm时,立刻启动下立交封路措施。

### 1.2 市民热线反馈

上海市“12345”市民服务热线于2012年开通试运行,对接全市统一的“12345”市民服务热线,上海市水务局建设了水务海洋热线一体化服务平台<sup>[13]</sup>,并加入了“12319”城建热线、“110”非紧急类接警热线、门户网站局长信箱、投诉系统等渠道信息,为社会提供7×24h的涉海涉水类便民服务。2013—2022年,通过市民热线共收到积水反馈信息5000余条。

### 1.3 专业巡查发现

上海市建立了排水、环卫“行业联合、协同作业”的排水工作机制<sup>[14]</sup>,排水部门加强暴雨时的量放水人员道路巡查,确保管通水畅,并及时报告道路积水情况;环卫部门人员雨天及时到岗,清理雨水口垃圾和扫除道路积水,并将道路积水等信息反馈给排水部门。目前,上海市各区排水管道养护单位共有3000多名排水一线工作人员,2013—2022年,由两个部门联合上报积水事件约500次。

### 1.4 综合管理报送

除排水专业部门巡查发现外,在发生较大汛情时,各级防汛工作人员启动灾情报送统计,其中包括道路积水、下立交积水、小区积水、地下空间进水和居民进水等信息。自2020年起,上海市基于“一网统管”理念

建设了防汛防台指挥系统 1.0 版<sup>[15]</sup>,实现了重大汛情期间市、区、街镇三级防汛部门通过政务微信“灾情直报”小程序,快速报送暴雨积水、树木倒伏、高空坠物等各类动态灾情详细信息,上海市 2020—2022 年共获取台风和暴雨预警期间道路积水事件 500 余件。

### 1.5 影像智能识别

高清的监控摄像机可提供较大范围内详细的地物信息,且广泛分布在城市内部,是掌握河道水位以及暴雨积水情况的有效途径。根据防汛监测需求,目前上海市已经接入来自市交通、边防、海事、各区水务等部门共 1000 多路视频,包括下立交、易积水小区和重点道路等区域。自 2020 年起,上海市尝试应用视频影像智能识别技术快速发现积水点,实现对易积水点的积水视频监控智能识别,目前支持 8 路视频计算。

### 1.6 舆情信息提取

社交网络服务会产生海量的数据,其中许多信息与积水相关。每当暴雨洪涝发生,网站、微信、微博、自媒体等网络平台便会涌现出大量与之相关的文字和图片。上海市从 2020 年起,聚焦网络上有关“道路积水”“小区进水”等一些关键词,还有“看海”等一些敏感

词,将积水相关舆情信息通过专业部门接入到上海市防汛防台风指挥系统,供各级防汛部门查看防汛相关舆情,但尚未开展进一步语义识别和空间定位。

## 2 采集方式综合比较

6 种道路积水信息采集方式,按照采集来源和数据频率,可以分为两类:一种是基于在线仪表智能感知的实时采集方式,另一种是基于“一网通办、一网统管”的人工报送方式。

### 2.1 基于在线仪表智能感知的实时采集方式

传感器自动监测和影像智能识别都是基于在线仪表智能感知的实时采集方式。传感器自动监测方式应用较成熟,时效性强,采集到的积水数据详细,包括不同时间的深度信息,可支撑积水实时发现和预警。以 2013 年 9 月 13 日的国顺东路黄兴路积水数据为例,不仅覆盖从积水到退水的全过程,还可叠加雨量信息进行关联分析,其积水过程线和最近雨量站的逐小时降雨过程线见图 1。影像智能识别方式受制于算法和算力的不足,仍处于探索阶段,识别示例见图 2。

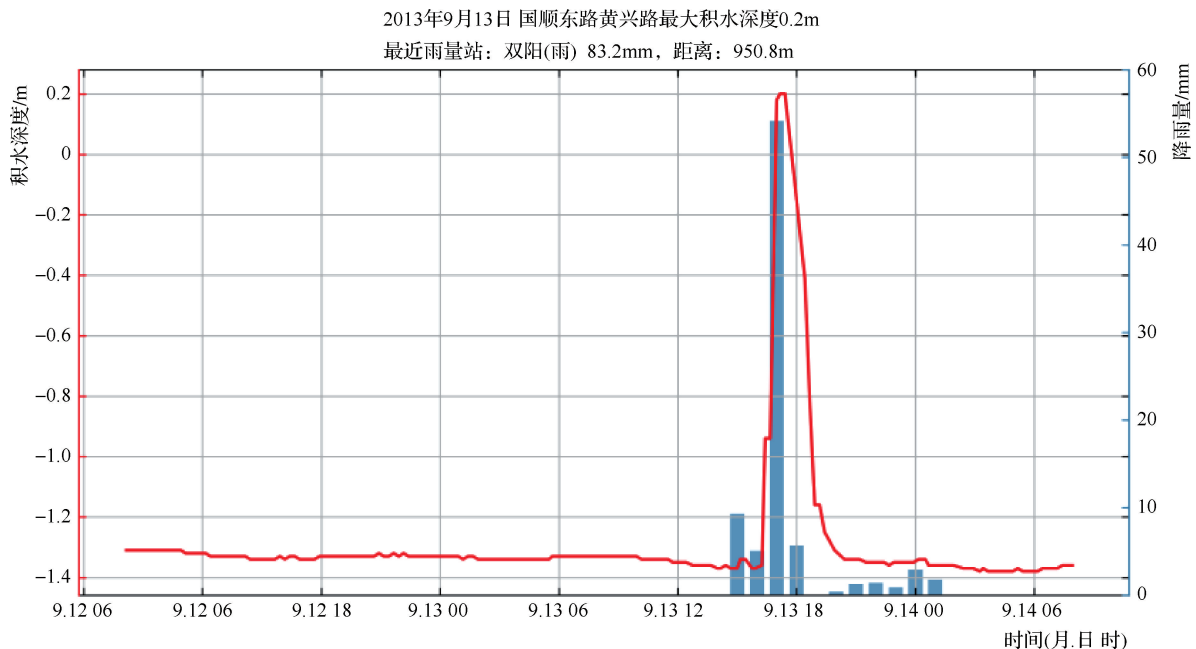


图 1 传感器自动监测积水全过程数据及最近雨量站雨强数据关联示例



图2 基于监控视频图像的积水智能识别

## 2.2 基于“一网通办、一网统管”的人工报送方式

专业巡查发现、综合管理报送、市民热线反馈和舆情信息提取都是人工报送方式,采集的数据主要为积水状态的描述,而非过程数据。专业巡查发现、综合管理报送数据在空间覆盖上较完整且均衡,对积水地点、

程度、范围的描述较具体和准确;市民热线反馈和舆情信息提取两种方式采集的是社会诉求信息,其优势在于数据的覆盖面广和公众服务的针对性强,但数据的描述不规范且带有一定的主观性,覆盖均衡度方面也有一定的地区偏好,目前舆情信息仅在发生较严重积水时采用人工方式采集。

根据上海市 2013—2022 年历史积水数据采集情况,6 种方式按年均采集数据量大小排序依次为市民热线反馈、综合管理报送、传感器自动监测、专业巡查发现、影像智能识别和舆情信息提取。前 4 种方式均较成熟,已经在上海市排水管理中有很好的应用,后两种方式仍处在探索和尝试中。各种采集方式的主要特征比较情况见表 1。

表 1 积水数据采集 6 种方式主要特征比较

数据采集方式	年均数据量/条	实时/人工	数据详细程度	数据准确性	成熟度
市民热线反馈	500	人工报送	仅状态,简单	较准确,有一定主观影响	较成熟
综合管理报送	170	人工报送	仅状态,详细	准确,半专业人员报送	较成熟
传感器自动监测	100	实时采集	全过程,详细	较准确,偶受环境影响	成熟
专业巡查发现	50	人工报送	仅状态,详细	准确,专业人员报送	成熟
影像智能识别	<10	实时采集	仅状态,详细	一般,算法尚未成熟	一般
舆情信息提取	<10	人工报送	仅状态,简单	一般,主观影响明显	一般

## 3 存在的主要问题

上海市在内涝积水信息采集方面,综合了多种手段,快速发现积水并实施处置,取得了较好的工作实效,但在实际应用中还存在着一些具体问题。

### 3.1 部分采集数据存在偏差

如传感器自动监测方式,其主要是通过压力感应和超声波探测的方式来确定积水水位,在暴雨天采集数据时一般运行环境较差,受环境影响在一定程度上会造成数值不准确,在判定是否存在积水时准确率较高,但在获取完整过程的积水深度值时,存在设备读数跳数现象。热线和舆情信息的数据偏差主要来自主观差异,部分反馈为较大雨强时的短期少量积水,不属于内涝积水统计范围。对于可能存在偏差的数据,需要叠加其他采集方式进行复核确认。

### 3.2 积水发现智能程度不高

人工巡查采集方式虽然能较准确地获取积水信息,但受制于有限的人力和暴雨环境下出行的风险,不可能大规模扩展。此外,城市有着丰富的视频监控资源和及时广泛的热线信息、舆情信息,这部分信息在城市积水快速发现方面尚未能发挥足够的价值,信息的智能识别程度较低。目前影像智能识别积水的算法还处于发展初级阶段,尤其是在暴雨天气下抗干扰能力较弱,需要进一步解决算力不足、效率不高、识别精度较低等问题;舆情信息提取目前还处于关键词模糊匹配提取阶段;市民热线反馈的积水信息虽然已完成了时间、地点、情况描述的初步提取,但对于信息中的积水点分类、积水深度及严重程度等信息未能进一步智能提取。

### 3.3 数据加工分析深度不够

上海市通过不同的数据采集方式已积累了近万条历史积水记录,但尚未建立完整的城市内涝数据库,缺乏对历史积水点的台账管理、原因剖析、特征提取和跟踪分析,各级管理部门在进行积水点治理和采取管理措施时,大多只能依靠本部门掌握的历史资料,问题分析不够完整和深入,数据加工在“数据增值、精准服务”方面支撑能力不足。

### 3.4 数据赋能积水处置不足

目前各种方式采集的积水数据大多通过其原工作平台“单轨”进行处置,多源积水信息采集汇聚和多部门积水处置尚未纳入“同轨”,现场人员不能在第一时间快速获取附近的积水事件,管理人员也不能根据积水事件统筹和优化调配各类处置力量快速处置积水,信息采集对高效处置积水的支撑作用未能充分发挥。

## 4 提升信息采集和应用的措施建议

为了进一步适应特大型城市的精细化管理要求,及时准确地获取积水问题的发生状况以及提前判断风险,快速协同地做好城市积水问题的处置,以提升城市内涝系统防御能力和支撑综合施策内涝治理,建议可以从优化多手段互为补充的立体监测体系、提升人工智能在积水发现中的实际应用、深化历史内涝积水数据分析、加强数据在跨部门事件发现处置中的支撑4个方面,进一步提高城市内涝积水信息采集的时效性和数据实用价值。

### 4.1 优化多手段互为补充的立体监测体系

加强卫星遥感影像监测、视频识别和5G物联网在积水发现中的应用,建立天基-遥感影像、空基-视频监控、地基-在线仪表等互为补充的立体监测体系,加强各种采集数据的快速融合。通过防汛、交通、公安、房管、住建等城市管理相关部门协作,使城市易积水监测网布局更加完善,视频监控资源更加丰富,更多城市神经元感知节点数据实现共享,在更大范围、更宽领域、更深层次支撑城市内涝信息快速获取。同时,对于可能存在偏差的数据,充分利用城市管理人力资源和

视频监控资源,对现场情况进行复核。

### 4.2 提升人工智能在积水发现中的实际应用

改进道路积水视频识别的深度学习模型,增强模型对城市道路复杂情景下算法的鲁棒性,提高积水视频发现的算法精度,充分依托市级共享的视频资源和AI算力,提升视频智能分析能力,全天候、智能化发现积水并实时告警,弥补人力巡查在积水发现上资源的有限性和响应时间上的局限性。进一步加强热线和舆情信息自动识别,综合采用语义分析、图像处理、本体推理和模糊评估等技术手段,快速准确地提取城市内涝相关信息,捕捉积水位置并评估其严重程度,提升社会公众信息在城市内涝积水发现中的实际价值。

### 4.3 深化历史内涝积水数据分析

开展历史积水数据收集和分析,有利于摸清找准城市内涝的问题症结。通过与其他数据关联分析,能够将简单的积水信息赋予更高的数据价值,通过研究历史上发生积水的积水点位置、地理环境、排水能力、降雨量和雨强、积水次数、积退水过程数据等,可以开展风险评估和积水成因分析,研究制定分类治理措施,按照工程薄弱、阶段施工影响、超标降雨、管理有待加强等不同成因,开展积水点改造以提升防御能力,对于暂时无法改造的积水点,则可以“以强化管理补能力不足”,加强暴雨预警期间的巡视聚焦与积水处置。同时,历次暴雨积水数据还能够为内涝风险预报模型增加“经验”,提升城市内涝风险预报精度。

### 4.4 加强数据在跨部门事件发现处置中的支撑

充分利用城市运行管理和网格化管理、房管App等平台,充分调动基层力量,将道路积水类的灾情发现和报送工作纳入相关部门的工作平台,发挥多平台覆盖面广、信息采集快、信息报送及时准确等优势,赋能基层管理人员在汛期将汛情采集作为巡查管理工作内容之一,提升信息采集的及时性。同时,通过跨部门跨平台融合,汇聚多源积水信息,打通数据资源要素共享的“最后一公里”,将整合后的积水信息及时发送到基层工作人员,支撑积水处置全域覆盖、依责承接和高效闭环。

## 5 结 语

快速准确获取城市内涝积水信息,是防汛工作中优化排水抢险力量配置、提升积水及时处置的关键,还是城市内涝风险研判和积水改善工程实施的重要依据。本文在总结上海市 2013—2022 年内涝积水采集工作实践的基础上,比较了各种采集方式的特征,提出了现有内涝积水采集存在的问题和优化措施,在一定程度上提升了积水精细化预报预警和应急处置能力,可以为各大城市内涝风险防控管理提供借鉴。近年来,极端天气事件频发,全球各大城市都在谋划解决内涝治理之道,持续开展城市内涝感知体系、数据治理和应用支撑能力建设,通过数字孪生加强内涝治理智能化,通过城市“一网统管”加强风险防控行业间的协同联动,是提升城市内涝风险精细化管理水平的重要研究方向。◆

### 参考文献

- [1] 魏博洋. 中心城区积水监测信息系统在天津市防汛中的应用[J]. 海河水利,2020(5):63-64.
- [2] 孟波波. 物联网技术与城市内涝灾害分析模型在城市防汛工作中的应用[J]. 电子技术与软件工程,2020(18):27-28.
- [3] 郭春权. 基于物联网技术的城市下穿隧道水位预警监测系统研究[J]. 中国新技术新产品,2020(9):45-46.
- [4] 赵伟,刘文沛,郑杰,等. 高速公路积水监测预警系统的研

究和应用[J]. 安徽建筑,2021,28(8):209-210,220.

- [5] 钟道清,郑颖,叶嘉毅,等. 城市隧道水位监测与现场警示系统[C]//中国水利学会,黄河水利委员会. 中国水利学会 2020 学术年会论文集:第五分册. 中国水利水电出版社,2020:370-375.
- [6] 程诚,董晨龙,李宏,等. 智慧视频识别在水利信息化中的应用[J]. 四川水利,2019,40(3):124-128.
- [7] 白岗岗,侯精明,韩浩,等. 基于深度学习的道路积水智能监测方法[J]. 水资源保护,2021,37(5):75-80.
- [8] 彭晓,梁艳,许立言,等. 基于“12345”市民服务热线的城市公共管理问题挖掘与治理优化途径[J]. 北京大学学报(自然科学版),2020,56(4):721-731.
- [9] 周天颖,赖顺仁,黄崇典,等. 运用社交网络分析淹水空间信息之关联性[J]. 遥感学报,2016,20(5):1299-1307.
- [10] 王蕊梓. 社交媒体中城市内涝信息提取与分析[D]. 上海:华东师范大学,2020.
- [11] 栾清华,秦志宇,王东,等. 城市暴雨道路积水监测技术及其应用进展[J]. 水资源保护,2022,38(1):106-116,140.
- [12] 刘波,吴思全,周彤,等. 道路积水自动监测预警系统设计与应用[J]. 低碳世界,2016(21):95-96.
- [13] 倪雄,钱国民. 上海市水务海洋热线一体化管理平台设计与实现[J]. 软件,2018,39(3):67-71.
- [14] 马远东,宋解胜. 上海城市防汛工作的几点做法与思考[J]. 中国给水排水,2013,29(2):1-7.
- [15] 沈建刚. 基于一网统管的上海市防汛防风指挥系统建设[J]. 中国防汛抗旱,2021,31(6):21-26.

(上接第 55 页)业务工作中推广使用。◆

### 参考文献

- [1] 水利部办公厅关于开展全国河湖“清四乱”专项行动的通知[J]. 中华人民共和国水利部公报,2018(3):37-39.
- [2] 水利部部署开展全国河湖“清四乱”专项行动[J]. 中国水利,2018(13):4.
- [3] 水利部办公厅关于深入推进河湖“清四乱”常态化规范化的通知[J]. 中华人民共和国水利部公报,2020(1):40-43.
- [4] 黄喆,孟令奎,熊淑萍,等. 轻量化“清四乱”核查移动 WebGIS 设计与开发[J]. 地理空间信息,2023,21(6):99-102.
- [5] 王兴连,秦鹏. 新疆河湖“清四乱”专项行动实践与思考

[J]. 水利发展研究,2020,20(1):64-66.

- [6] 欧德音. 基于云平台的河湖管理相关子系统的设计与实现[D]. 长沙:湖南大学,2021.
- [7] 方军. 浅析兰州市河湖“清四乱”成效及对策建议[J]. 甘肃科技,2021,37(15):11-13.
- [8] 孟令奎,王旭觐,张文. 基于区块链的河湖“四乱”事件存证系统研究[J]. 水利信息化,2020(6):1-6.
- [9] 胥淑美. 谈“清四乱”背景下的黄河工程管理[J]. 山东水利,2020(6):41-42.
- [10] 李磊,尚庆明,丁旭东. 河道巡查与监管多平台信息协同系统设计[J]. 水利技术监督,2020(2):55-57,84.