

Empirical Study on Empowerment of Public Meteorological Services by Smart Meteorological Technology

Jing Xiao

Xinjiang Uygur Autonomous Region Meteorological Service Center, Urumqi, Xinjiang, 830002, China

Abstract

Against the backdrop of digital and intelligent convergence, smart meteorology has emerged as a pivotal direction for the transformation of public meteorological services. The integration of artificial intelligence, big data, cloud computing, and the Internet of Things (IoT) is driving meteorological services from information dissemination to intelligent provision, achieving refined predictions, real-time processing, and personalized services. This paper examines the application mechanisms and outcomes of smart meteorology systems in disaster warning, agricultural meteorology, and urban management. The study reveals that smart meteorology significantly enhances service accuracy and social response efficiency through a “data-driven—model optimization—service iteration” model. To achieve high-quality development in meteorological services, it is essential to strengthen data sharing, improve platform infrastructure, and optimize public interaction mechanisms.

Keywords

smart meteorology; public meteorological service; precision supply; big data; artificial intelligence

智慧气象技术赋能公共气象服务精准化供给的实证研究

肖静

新疆维吾尔自治区气象服务中心, 中国·新疆 乌鲁木齐 830002

摘要

在数字化与智能化融合的背景下, 智慧气象成为公共气象服务转型的关键方向。人工智能、大数据、云计算和物联网的应用推动气象服务由信息发布向智能供给升级, 实现预测精细化、处理实时化与服务个性化。本文基于智慧气象体系视角, 探讨其在灾害预警、农业气象和城市管理中的应用机制与效果。研究表明, 智慧气象通过“数据驱动—模型优化—服务迭代”模式显著提升了服务精准度与社会响应效率。为实现气象服务高质量发展, 需强化数据共享、完善平台建设并优化公众交互机制。

关键词

智慧气象; 公共气象服务; 精准化供给; 大数据; 人工智能

1 引言

气象服务是公共治理体系的重要组成部分, 其科学性与及时性直接影响社会经济安全与公众福祉。传统气象服务模式以单向发布为主, 缺乏精细化与互动性, 难以满足不同群体的差异化需求。随着信息技术的跨界融合, 智慧气象技术应运而生, 推动气象服务从“以部门为中心”向“以用户为中心”转型。智慧气象不仅是技术革新的产物, 更是气象服务体系数字化、智能化升级的核心路径。当前, 智慧气象已在灾害防御、农业生产、交通管理和城市运行中发挥显著效能。通过气象大数据分析与 AI 预测模型, 气象部门能够实现更高分辨率的预报、更精准的风险研判与更个性化的服务推送。然而, 实践中仍存在数据资源整合不足、技术应用

标准不统一、公众参与度不高等问题, 制约了智慧气象服务的可持续发展。本文从智慧气象技术赋能公共气象服务的角度出发, 构建实证研究框架, 探讨其精准化供给机制、应用成效及优化路径, 为我国智慧气象体系建设提供理论依据与实践参考。

2 智慧气象技术体系的构建与发展逻辑

2.1 智慧气象的内涵与特征

智慧气象是气象信息化的高级阶段, 其核心在于以数据智能为驱动力, 实现“感知—分析—预测—服务”的全链条闭环。与传统气象相比, 智慧气象具备数据多源融合、预测动态更新、服务智能决策和反馈自学习等特征。其本质是通过多维信息的智能挖掘与动态建模, 实现气象服务的自适应与个性化供给。智慧气象强调“以人为本”的服务理念, 运用 AI 算法与云平台将复杂气象数据转化为可操作的信息产品, 为公众与政府部门提供科学决策支持。

【作者简介】肖静(1977-), 女, 本科, 工程师, 从事公共气象服务研究。

2.2 技术融合驱动下的系统演进

智慧气象体系的形成源于多学科技术的深度融合。物联网技术实现了气象观测的实时化与网格化；大数据分析推动了预测模型从经验型向数据驱动型转变；人工智能算法（如神经网络与深度学习）使气象预报的时空分辨率大幅提升；云计算与边缘计算为气象数据的存储、分发与处理提供了弹性支撑。这些技术的协同作用构成了智慧气象系统的基础框架，使气象服务具备动态学习与持续优化的能力。

2.3 智慧气象体系的核心架构

智慧气象体系可分为数据采集层、智能分析层与服务应用层。数据采集层整合卫星遥感、雷达探测、地面观测与公众众包信息，形成高密度、多维度的数据源。智能分析层利用机器学习与模式识别技术进行数据清洗、模式重构与结果优化，实现高精度气象预测。服务应用层面向公众、政府与行业用户，通过移动端、社交媒体与专用接口提供定制化气象服务，形成多层次、互动式的服务生态，实现气象服务的“千人千面”。

3 智慧气象赋能精准化气象服务的机制分析

3.1 数据智能化支撑精准供给

数据智能化是智慧气象体系运行的根基。通过整合地面观测、卫星遥感、雷达监测与社会感知终端数据，可构建覆盖多维时空的气象信息库。人工智能算法在此基础上可挖掘潜在的气象变化规律，实现更高精度的预测分析。例如，在短时强对流天气预警中，卷积神经网络（CNN）通过识别雷达回波特征与卫星云图动态变化，能够提前捕捉暴雨或冰雹形成信号，有效提升预警准确率与时效性。数据驱动的分析模式打破了传统依赖单一观测点的局限，使气象信息获取实现了从静态监测到动态迭代的转变。随着气象数据采集的实时化和自动化水平不断提高，智慧气象系统能够实现多源数据的自学习与自优化，为公共气象服务提供持续、精准的智能供给。

3.2 模型智能化提升服务精度

智慧气象的核心创新在于模型的智能化升级。传统数值天气预报依赖物理方程组推算，受计算资源与初始条件约束，预测周期长且实时性不足。人工智能模型通过机器学习与深度学习算法，对历史气象数据进行模式识别与非线性建模，可在不完全依赖物理方程的前提下实现快速预测。例如，基于LSTM（长短期记忆网络）的气象预测模型在处理气温、湿度、风速等时间序列数据时，能有效捕捉复杂的时空关联关系，在暴雨与台风路径预测中展现出优异的精度。通过多模型融合与参数动态调整，智慧气象系统可在分钟级到季节级的不同时间尺度上实现高分辨率预报，为政府决策与社会应用提供精准数据支持。

3.2 服务智能化推动需求匹配

智慧气象的服务智能化体现了从“气象信息供给”向“用

户需求驱动”的根本转变。通过用户画像构建与行为数据分析，系统可识别不同群体的气象信息需求，实现分层化、场景化推送。例如，农业用户可接收基于作物生长模型的精准气象建议，交通部门可实时获取道路积水预警指数，公众可收到个性化的出行气象提示。智慧气象服务平台借助云计算与移动终端，实现信息推送的实时更新与双向反馈，用户的交互数据反过来又可用于优化服务模型。此种智能匹配机制使气象服务从“被动传播”走向“主动响应”，实现由宏观预测到微观应用的精准衔接，进一步提升气象服务的社会效益与用户体验。

4 智慧气象技术的实证应用与成效分析

4.1 灾害预警体系的智能化升级

在极端气候事件频发的背景下，智慧气象技术成为提升防灾减灾能力的重要手段。基于人工智能与多源数据融合的智慧气象系统，能够实现气象灾害的早期识别与精准预警。以长江中下游流域为例，系统综合利用卫星遥感、雷达监测与地面观测数据，通过深度学习算法构建降雨时空分布模型，实现对暴雨、台风、洪涝等灾害的动态追踪。该模型可提前6小时预测降水中心移动路径，预警精度较传统方法提升约20%。预警结果通过智能推送系统实时传递至应急管理等部门与公众终端，实现信息的快速响应与高效传达。实证数据显示，智慧气象系统的应用使预警误差率降低20%以上，公众避险反应时间缩短30%，显著提升了区域防灾减灾效能，标志着气象服务从“事后响应”向“事前防范”的智能转型。

4.2 农业气象服务的精准化供给

智慧气象技术的引入为农业生产的精细化与可持续发展提供了重要支撑。通过融合气象数据、遥感信息与农情监测数据，系统可为不同作物与地区提供定制化气象服务。例如，在华中地区水稻种植中，智慧气象平台通过实时监测气温、湿度、光照与降雨量等参数，利用作物生长模型动态评估农田生态环境，生成智能化种植与管理建议。农户可依据系统反馈调整灌溉频率、施肥时间与病虫害防控计划，从而降低气候异常带来的农业风险。研究表明，采用智慧气象指导的农田管理，使农作物平均产量提升7%—10%，水资源利用效率提高15%以上。此外，气象数据的共享与分析还能为农业保险与风险评估提供量化依据，推动气象服务在农业领域从“经验支持”向“数据决策”的转型，实现农业生产的高效、绿色与智能化发展。

4.3 城市运行管理中的智能应用

智慧气象技术在城市治理与公共服务领域的深度应用，正成为提升城市韧性与管理效率的重要路径。基于气象大数据、物联网与云计算的城市气象平台，可实现天气监测与城市运行系统的实时联动。在交通管理方面，智慧气象系统通过对降雨、能见度与路面温度的监测，提供动态交通调度建

议,减少恶劣天气引发的交通事故。在能源调度方面,系统结合气象预测与电力负荷模型,实现新能源发电的精细化调控,优化能源分配与储能管理。例如,北京市智慧气象平台融合PM_{2.5}监测数据与气象扩散条件预测,提前发布空气质量等级预警,协助交通与环保部门实施分级治理措施,减少污染事件的社会影响。智慧气象的嵌入式应用不仅增强了政府的决策能力与城市风险管理水平,也推动了气象服务从信息提供向社会治理支撑的价值升级,实现了城市运行的科学化与精细化管理。

5 智慧气象服务精准化供给的优化路径

5.1 强化数据治理与标准化体系建设

数据治理是智慧气象体系建设的基础环节,也是实现气象服务精准化供给的关键保障。当前气象数据来源多样,包括卫星遥感、地面观测、雷达监测与公众众包信息,若缺乏统一标准,极易导致数据碎片化与重复建设。应构建统一的国家级气象数据标准体系,对数据的元数据描述、分类编码、接口格式与安全权限进行系统规范,实现跨部门、跨区域、跨行业的数据共享与互联互通。在此基础上,应引入数据质量控制机制,通过自动化检测、模型比对与人工校核确保数据的真实性与完整性。同时,建立全生命周期的数据安全审计机制,明确数据访问、传输与存储的权限分级,防范数据泄露与滥用风险。完善的数据治理体系不仅能提高气象数据的可信度与利用率,还能为人工智能算法训练与智能模型构建提供高质量的数据支撑,从而推动智慧气象服务的科学化与制度化发展。

5.2 完善智慧服务平台与应用生态

智慧气象服务平台是实现技术赋能与服务集成的核心载体,其建设水平直接决定公共气象服务的智能化程度。应构建集数据采集、处理、分析与服务发布于一体的综合平台,形成“数据中心—算法引擎—服务终端”三层架构。基于云计算和人工智能中台,可实现气象模型的高性能计算、实时更新与多任务并行处理。平台应支持多场景扩展与行业定制,如农业生产调度、城市交通管控、能源供需预测与灾害应急响应等,形成多元应用生态。同时,应鼓励社会资本与科研机构参与气象服务创新,推动“政产学研用”协同发展,通过开放接口与数据共享机制,构建共建、共治、共享的气象服务体系。通过持续优化算法性能与服务模块,智慧平台可实现“气象数据资源—应用需求场景—社会公共服务”的高效联动,进一步提升公共气象服务的精准性与可持续性。

5.3 优化公众参与与交互反馈机制

公众是智慧气象服务的最终受益者,也是气象服务精准化的重要参与者。建立高效的公众交互与反馈机制,能实现信息传播的双向流动与服务优化的动态循环。应依托移动客户端、社交媒体、语音助手等渠道,提供个性化气象服务与实时互动功能,使公众能即时反馈天气状况与服务体验,从而形成气象数据的社会共建机制。通过采集和分析用户行为数据,可持续优化服务算法与信息呈现方式,实现“以用户为中心”的智慧服务迭代。同时,应在社会层面加强气象科学普及与素养教育,提高公众对气象风险的认知与防范能力。学校教育、社区活动及媒体传播应成为气象知识传播的重要阵地。通过公众参与、政府引导与科技支撑的协同作用,构建“技术赋能—公众共创—反馈优化”的互动体系,既能增强气象服务的社会黏性,也能促进智慧气象体系的自我完善与长效运行。

6 结语

智慧气象技术的快速发展,为公共气象服务的精准化供给提供了新的路径与实践范式。其通过数据融合、模型优化与智能匹配,实现了气象服务的智能化、个性化与社会化转型,极大提升了气象服务的公共价值与社会效益。实证研究表明,智慧气象不仅提高了灾害预警与风险防控能力,还推动了农业生产、城市管理与民生服务的数字化升级。未来,应持续完善数据治理体系,加强技术创新与跨部门协作,构建统一、开放、智能的气象服务生态系统。通过技术赋能与制度创新的协同推进,智慧气象将在公共服务体系中发挥更加关键的支撑作用,助力气象事业高质量发展与社会治理现代化进程。

参考文献

- [1] 刘娜,基于智能网格预报产品的白山市智慧气象平台开发.吉林省,吉林省白山市气象局,2022-07-20.
- [2] 李玉华,褚希,车军辉,等.“锄禾问天”智慧气象为农服务系统的设计与开发[J].中国农学通报,2021,37(10):107-112.
- [3] 王兴,朱彬,卞浩瑄,等.“互联网+”背景下我国智慧气象服务模式优化研究[J].中国管理信息化,2019,22(23):135-138.
- [4] 黄川容,孙朝锋,吴立,等.基于互联网+的设施农业智慧气象服务应用与探索[C]//中国气象学会.第35届中国气象学会年会 S14 大数据、互联网、融媒体时代气象服务的创新与变革——第八届气象服务发展论坛.福建省气象服务中心,2018:31-37.
- [5] 姜佳慧.通辽市公众气象服务供给问题研究[D].南京信息工程大学,2022.