1. 项目名称

多源异构数据下山地城市洪涝建模与灾害链预警关键技术及应用

二、项目简介

作为云南省省会，昆明市是全省的政治、经济、文化中心，国家历史文化名城，是我国面向东南亚和南亚“桥头堡”，城市地位日渐提升。由于昆明市特定的地理、地形、气候与水文条件，复杂的河流水系等因素，城市洪涝灾害频发，是全国近年来内涝灾害严重的城市之一。经过多年治理，昆明主城已构建由上游水库群调蓄、城市面山截洪设施滞蓄、城市河道及排水系统疏导、滇池海口闸及西园隧道下泄等工程设施组成的“高蓄、上截、中疏、下泄”城市防汛排涝体系，城市防汛排涝能力有了一定提升。然而，与发达国家和地区相比，昆明市仍然存在城市空间规划和土地开发利用与防洪治涝体系建设脱节、城市天然排水通道和蓄水空间萎缩、市政管网排水标准偏低、洪涝预报预警精度低、防洪排涝缺乏统一调度管理、应急措施不完善等问题，削弱了城市抵御暴雨洪涝灾害的能力。面对昆明主城区雨季内涝淹水问题突出，对城市正常运行造成了不同程度影响的问题。项目基于昆明市洪涝相关的多源数据，提出了识别区域降雨数据时空格局的无监督降维-聚类混合模型，构建了基于人工智能技术构建复杂水动力模型的实时内涝预警代理模型，建立了基于高斯随机采样策略与集成学习技术的可解释多层级灾害链风险评估框架，并在昆明城市洪涝模型及防汛智能预警系统中得到了集成应用，有力地支撑了昆明市2022年、2023年昆明市汛期的洪涝灾害应对。其中，识别区域降雨数据时空格局的无监督降维-聚类混合模型，通过机器学习无监督方法，针对海量的降雨资料进行有效管理与分析，综合使用降维技术和聚类算法，实现了对区域降雨数据时空格局的识别。该模型能够有效挖掘出降雨模式类型及其时空分布特征，并在此基础上实例化地区空间异质性设计降雨，为灾害链风险分析建设初始工况。基于人工智能技术构建复杂水动力模型的实时内涝预警代理模型技术，针对精细化复杂耦合水动力模型计算时间成本高，即时报汛效果差的特点，通过深度卷积神经网络学习已建成水动力模型，构建了能够快速响应并预警内涝风险的代理模型。此技术为实时防汛指挥提供了有效的科学支撑，极大地提高了内涝管理的效率与应急反应速度。基于高斯随机采样策略与集成学习技术的可解释多层级灾害链风险评估框架，针对山地城市灾害成因复杂交互的特点，基于高斯随机采样策略与集成学习技术组建了具有可解释性的多层级灾害链风险评估框架。该框架能够有效降低人为取样导致的致灾因子重要性失真，并发挥集成学习技术具有可解释性的特点，逐层分析关注对象的致灾特性与风险概率，为灾害风险管理提供有力的科学依据。

三、提名者及提名等级

提名者：昆明市水务局

提名等级：云南省科学技术进步奖二等奖

四、主要完成单位

昆明市水务局、中国水利水电科学研究院、昆明理工大学

五、主要完成人

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **姓 名** | **技术职称** | **专业** | **完成单位/工作单位** |
|  | 刘 舒 | 正高级工程师 | 水利工程 | 中国水利水电科学研究院/中国水利水电科学研究院 |
|  | 谢 波 | 教授 | 资源与环境管理 | 昆明理工大学 |
|  | 陈辉阳 | \ | 防汛抗旱 | 昆明市水务局 |
|  | 李 敏 | 高级工程师 | 水利工程 | 中国水利水电科学研究院/中国水利水电科学研究院 |
|  | 史克健 | \ | 防汛抗旱 | 昆明市水务局 |
|  | 赵 雪 | \ | 防汛抗旱 | 昆明市水务局 |
|  | 柏 平 | 工程师 | 水文水资源 | 昆明市水务局 |
|  | 臧文斌 | 高级工程师 | 水利工程 | 中国水利水电科学研究院/中国水利水电科学研究院 |
|  | 刘媛媛 | 正高级工程师 | 水利工程 | 中国水利水电科学研究院/中国水利水电科学研究院 |
|  | 任汉承 | 博士研究生 | 水利工程 | 中国水利水电科学研究院/北京师范大学 |
|  | 王志浩 | 教授 | 城市气候环境 | 昆明理工大学 |

六、主要知识产权及标准规范目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家（地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号（标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利有效状态 |
| 1 | 发明专利 | 一种针对城市降雨洪涝过程的不同尺度分级嵌套模拟方法 | 中国 | ZL202110635616.6 | 2021.11．19 | 4805738 | 中国水利水电科学研究院 | 郜银梁;郑敬伟;刘云华;李敏;刘业森;臧文斌;徐美张红萍;胡昌伟;刘媛媛;李匡;郝晓丽;任汉承;吴必朗 | 有效 |
| 2 | 发明专利 | 城市暴雨内涝汇水区分析方法 | 中国 | ZL 201910135864.7 | 2019.02.25 | 4455805 | 中国水利水电科学研究院 | 刘舒;臧文斌;崔洁;胡昌伟;郑敬伟;赵宏辉;张红萍;徐美李敏;刘业森 | 有效 |
| 3 | 发明专利 | 一种地表与管网分布式的直接双向耦合方法 | 中国 | ZL 202110323521.0 | 2021.07.30 | 4582620 | 中国水利水电科学研究院 | 张红萍;胡昌伟;郑敬伟;李敏;臧文斌;刘媛媛;刘业森;李匡;徐美;柴福鑫;万洪涛;刘舒 | 有效 |
| 4 | 发明专利 | 内涝风险点的提取方法与装置 | 中国 | ZL202010080027.1 | 2021.01.19 | 4211507 | 中国水利水电科学研究院 | 刘业森;李敏;藏文斌;刘媛媛;李匡;韩刚;郜银梁;胡昌伟郑敬伟;刘舒;郝晓丽:张红萍;徐美:赵永鹏:崔洁 | 有效 |
| 5 | 发明专利 | 内涝风险的预测方法和装置 | 中国 | ZL202010080025.2 | 2020.02.04 | 3328615 | 中国水利水电科学研究院 | 刘业森;李敏;藏文斌;刘媛媛;李匡;韩刚;郜银梁;胡昌伟郑敬伟;刘舒;郝晓丽:张红萍;徐美:赵永鹏:崔洁 | 有效 |
| 6 | 发明专利 | 一种地表网格分层建模方法及系统 | 中国 | ZL201910723268.0. | 2020.08.25 | 3955488 | 中国水利水电科学研究院 | 臧文斌;付意成;崔洁;郝晓丽;何君;韩刚;李匡;胡昌伟李敏;赵宏辉;刘舒;徐美;张红萍;柴福鑫;刘媛媛 | 有效 |
| 7 | 发明专利 | 一种城市地下排水管网数据补充完善方法及系统 | 中国 | ZL201910625580.6 | 2020.08.28 | 3958710 | 中国水利水电科学研究院 | 胡昌伟;崔洁;赵永鹏;臧文斌;刘媛媛;李敏;刘业森;李匡郝晓丽;徐美 | 有效 |
| 8 | 发明专利 | 确定降雨特征的方法和装置 | 中国 | ZL201711432609.6 | 2020.04.14 | 3757452 | 中国水利水电科学研究院 | 刘媛媛;王毅;刘洪伟;沙瑞华;柴福鑫;郑敬伟;胡昌伟张红萍;徐美;万洪涛;臧文斌;刘业森;刘舒;李敏 | 有效 |
| 9 | 发明专利 | 获取降雨过程中的降雨时空分布规律的方法和装置 | 中国 | ZL 201811300472.3 | 2021.08.17 | 4621667 | 中国水利水电科学研究院 | 刘媛媛;王毅;刘洪伟;韩刚;李磊;刘业森;臧文斌;李敏郑敬伟 | 有效 |
| 10 | 发明专利 | 一种基于优化推理公式的洪峰流量计算方法及系统 | 中国 | ZL202010329934.5 | 2020.09.01 | 3965356 | 中国水利水电科学研究院 | 李匡;刘舒;韩刚;刘媛媛;臧文斌;李敏;刘业森;张萌萌郜银梁;郑敬伟;刘可新;柳文兵 | 有效 |

七、代表性论文专著目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著  名称/刊名  /作者 | 年卷页码  （xx年xx卷  xx页） | 发表时间（年月日） | 通讯作者（含共同） | 第一作者（含共同） | 国内作者 | 他引总次数 | 论文署名单位是否包含国外单位 |
| 1 | Impact of Urbanization on Hydrological Processes under Different Precipitation Scenarios, Natural Hazards. Wenbin Zang . Shu Liu . Shifeng Huang. Jiren Li . Yicheng Fu. Yayong Sun. Jingwei Zheng | 2019年第99卷1233-1257页 | 2019.2.14 | 黄诗峰 | 臧文斌 | 臧文斌、刘舒、黄诗峰、李纪人、付意成、孙亚勇、郑敬伟 |  | 否 |
| 2 | 利用洪涝模型进行城市内涝风险快速识别与预警，武汉大学学报（信息科学版），徐美,刘舒,孙杨,姚永慧 | 2020年第45卷1185-1194页 | 2020.08 | 姚永慧 | 徐美 | 徐美,刘舒,孙杨,姚永慧 |  | 否 |
| 3 | Multi-mode Surface Generalization Supports a Detailed Urban Flooding Simulation Model，Front. Earth Sci，Mei Xu, Yonghui Yao, Shu Liu , Yang Sun, Yuexin Yan | 30 March 2021 | 2021.03 | 徐美 | 徐美 | 徐美,姚永慧，刘舒,孙杨,闫悦新 |  | 否 |
| 4 | Dynamic spatial-temporal precipitation distribution models for shortduration rainstorms in Shenzhen，Earth Sci，刘媛媛,李磊,刘业森,陈柏纬,张文海. | 2020年第237卷 | 2020.06 | 李磊 | 刘媛媛 | 刘媛媛,李磊,刘业森,陈柏纬,张文海. |  | 否 |
| 5 | Rapid identification of rainstorm disaster risks based on an artificial intelligence technology using the 2DPCA method[J]，Atmospheric Research,刘媛媛,李磊, 张文海,陈柏纬,刘业森 | 2019,  227(10) | 2019.05 | 李磊 | 刘媛媛 | 刘媛媛,李磊, 张文海,陈柏纬,刘业森 |  | 否 |
| 6 | 基于机器学习短历时暴雨时空分布规律研究[J]，水利学报，刘媛媛,刘洪伟,霍风霖,刘业森 | 2019, 227(10) | 2019.06 | 刘业森 | 刘媛媛 | 刘媛媛,刘洪伟,霍风霖,刘业森 |  | 否 |
| 7 | 基于动态聚类分析和模糊模式识别法的北京城区汛期降雨时空分布规律研究，水文，刘媛媛,王毅,刘洪伟,杜龙刚,刘舒,柴福鑫 | 2019, 39(1) | 2019.02 | 刘媛媛 | 刘媛媛 | 刘媛媛,王毅,刘洪伟,杜龙刚,刘舒,柴福鑫 |  | 否 |
| 8 | Estimation of precipitation induced by tropical cyclones based on machine‐learning‐enhanced analogue identification of numerical prediction[J]，Meteorological Applications，Yuan Yuan Liu,Lei Li,Ye Sen Liu,Pak Wai Chan,Wen Hai Zhang,Li Zhang. | 2021,28(2) | 2021.03 | 刘媛媛 | 刘媛媛 | Yuan Yuan Liu,Lei Li,Ye Sen Liu,Pak Wai Chan,Wen Hai Zhang,Li Zhang. |  | 否 |
| 9 | A distributed hydrodynamic  model for urban storm flood risk assessment，Journal of Hydrology，Hongping Zhang ,Weiming Wu, Chunhong Hu，Changwei Hu, Min Li, Xiaoli Hao, Shu Liu. | 2021, 600 | 2021.09 | Hongping Zhang | Hongping Zhang | Hongping Zhang ,Weiming Wu, Chunhong Hu，Changwei Hu, Min Li, Xiaoli Hao, Shu Liu. |  | 否 |
| 10 | 极端大暴雨对昆明市城市洪涝防御的警示和思考[J].中国防汛抗旱,柏平,刘业森,刘舒等 | 2021,31(09):25-29. | 2021.09 | 刘舒 | 柏平 | 柏平,刘业森,刘舒等 |  | 否 |