

基于韧性城市理念的城市综合防灾度量与提升的方法研究

伍志远 周自美

中国十七冶集团有限公司 安徽 马鞍山 243000

摘要: 基于韧性城市理念开展城市综合防灾度量与提升方法研究,关键是构建科学合理、切实可行的度量体系并落实针对性的提升办法,为增强城市抵御灾害的能力,本文着重研究城市综合防灾韧性的度量体系打造、实施路径的优化及提升方法的完备这三个核心维度,明确维度筛选、指标阈值设定和权重分配的手段,对度量实施当中的数据处理、模型运行与结果校验的流程进行细化,给出了涵盖风险防控、设施强化及应急响应内容的提升策略,研究成果能为城市综合防灾韧性建设提供可实施的技术支持,支持城市从被动处置灾害过渡到主动防控灾害。

关键词: 韧性城市; 综合防灾; 度量方法; 提升路径

引言: 处于全球气候变化以及城市化加速推进的背景下,城市面对的危害类型日益庞杂,影响范围不断延展,综合防灾韧性成为评判城市可持续发展水平的核心指标,按照韧性城市理念开展综合防灾度量与提升方法相关研究,是解决现今城市灾害应对方面度量标准未统一、提升策略不够有针对性等问题的关键^[1]。本文重点聚焦度量体系构建、实施路径及提升方法三个核心内容,经由细化技术流程以及优化策略谋划,构建出一套系统完整的城市综合防灾韧性度量与提升方案,为城市防灾减灾实践提供精准引导。

1 城市综合防灾韧性度量体系构建

1.1 度量维度的系统性筛选方法

城市综合防灾韧性度量维度筛选要依据城市灾害应对全生命周期来进行,兼顾城市系统的复杂性与灾害影响的多重关联性,构架覆盖灾前预警、灾中抵抗、灾后恢复的全链条维度体系,筛选运用文献梳理和德尔菲法相结合的复合方式,先借助文献计量分析手段,提取现有研究中高频出现的度量维度,初步形成包含风险承载、设施支撑、应急响应、恢复重建等基础维度的候选库。随后依托跨领域专家群体进行多轮咨询,结合不同城市在规模、区位特征、主导灾害类型上的分别,剔除关联性微弱、数据获取难度大的维度,增添能够体现城市系统协同性的维度内容,筛选标准要界定维度的核心表现要点,保证每个维度可精确体现城市综合防灾韧性的某一核心要点,且各个维度彼此之间无交叉重叠状况,最终形成层次清晰、逻辑严谨的度量维度体系,给后续筛选指标和搭建体系做好前期铺垫。

1.2 度量指标的阈值确定方法

确定度量指标阈值是保障度量结果科学性与准确性的关键,需结合城市灾害应对的实际需求与行业标准,采用

定量分析与定性判断相配合的形式,就可量化的指标而言,依靠大数据技术搜集不同区域、不一样灾害类型下城市综合防灾的过往数据,采用统计分析工具探寻数据分布特征,采用百分位法、极值分析法等划定指标的合理阈值范围。就难以直接实现量化的指标而言,经由构建指标与灾害影响程度的关联样式,结合专家经验推断和行业规范指引,厘定指标的临界值和优劣势区间,确定阈值应充分顾及城市发展阶段的差异,为新兴城市与成熟城市、中小城市与大城市制定差异化阈值标准,同时设立阈值动态调整体系,结合灾害形势的变迁、技术发展的水平和城市规划的调整,及时更新阈值参数,保证阈值与城市综合防灾韧性建设的实际需求相契合。

1.3 度量指标的权重分配方法

指标权重分配要把不同指标对城市综合防灾韧性的贡献度差异充分体现出来,运用层次分析法和熵权法相结合的组合赋权方式,兼顾主观判断优势以及客观数据的优点,首先借助层次分析法构建递阶层级结构模型,明确目标层、准则层跟指标层的层级关系,邀请防灾工程、城市规划、应急管理等领域专家把指标重要性两两比较,建立判断矩阵并开展一致性核查,初步判定指标的主观权重。随后依托收集的样本数据开展分析,采用熵权法计算指标的客观权重,利用信息熵值反映指标数据的离散水平,指标对度量结果的影响越大,最后运用线性加权法把主观权重与客观权重相融合,厘定最终的指标综合权重,融合时借助灵敏度分析来验证权重分配是否合理,保障权重调整不会让度量结果出现颠覆性的变动,最终形成一套科学合理的权重体系,增加度量结果的可信度与说服力。

2 城市综合防灾韧性度量实施路径

2.1 多源数据的采集与整合方法

多源数据的高效采集、规范整合是保障度量工作顺利开展的根本,必须构建覆盖政府部门、科研机构、企业单位和社会公众的多元化数据采集网络,数据采集时需精准界定不同类型数据的采集主体、采集范围以及采集频率,就气象数据、地质数据等自然地理数据而言,经由搭建含有雨量传感器、地质位移监测仪等设备的自动监测站点,同步对国家气象卫星监测平台、地质灾害预警中心等权威机构数据库加以对接,达成降雨量、风速、地质沉降等关键数据的实时收集并动态上传;就城市基础设施数据、防灾工程数据等城市建设的数据库而言,依托城市信息模型(CIM)平台空间数据整合呈现出的优势,与住建、应急、交通等政府部门的信息系统对接上,借助API接口调用,达成道路桥梁、防洪排涝设施、应急避难场所等数据的批量采集和结构化储存;就社会经济数据、公众防灾意识数据等人文社会数据而言,以问卷调查、深度访谈调研和社交媒体大数据爬取相结合的形式获取,其中开展问卷调查要科学设计样本分布,保证覆盖各个年龄段与职业群体,访谈调研把重点放在社区工作人员、灾害亲历者等关键群体上,大数据爬取着重抽取主流平台中与城市防灾相关的舆论信息和行为数据^[2]。数据整合阶段建立起统一的数据标准及规范,对所采集的多格式、多类型数据做清洗、转换以及标准化处理,将异常数据与重复数据剔除,借助数据融合技术实现不同源头数据的有机融合,构建集中且统一的城市综合防灾韧性度量数据库,为后续度量模型的运转供给高质量的数据支撑。

2.2 度量模型的构建与运行方法

搭建度量模型需与城市综合防灾韧性的核心特征相结合,采用多准则决策模型和机器学习模型相结合的复合模型架构,增进模型的适配性和度量的精准度,开始进行模型构建时,先按照前文明确的度量维度和指标体系,构建多准则决策模型的目标函数与约束条件,界定各指标的量化途径和计算法则;然后采用机器学习算法,依靠训练样本数据对模型参数进行优化改动,提升模型对复杂城市系统和多样灾害场景的适应水平。在模型运行阶段采用分阶段逐级递进的运行策略,开始选取暴雨、地震之类的单一灾害类型,针对不同的灾害等级设定相应场景参数,开展城市防灾韧性专项度量,呈现单一灾害场景下韧性短板的分布态势;然后依据灾害链的演化规律去设置多灾害叠加场景,例如暴雨引发的内涝与地质灾害叠加的情景,开展综合度量工作,分析灾害叠加作用下韧性的变化特性,运行时实时监控模型输出结果的波动区间,以计算均方误差、决定系数等指标的方式,对比分析不同阶段度量结果,确认模型的稳定性及可靠性,

针对模型运转中出现的偏差,及时改动模型参数和相关计算规则,保证模型一直维持较高的度量精准度,为城市综合防灾韧性评估给予可靠的技术工具。

2.3 度量结果的校验与修正方法

度量结果的校验与修正,需要构建多维度、多层次的校验体系,保障度量结果可真实展现城市综合防灾韧性的实际水平,以内部校验与外部校验相结合的办法开展校验工作,内部校验采用计算度量结果的一致性系数、误差率等指标的办法,检验模型运行是否平稳以及数据处理是否精准;外部校验通过把度量结果同已有的权威度量结果、城市实际灾害应对表现来对比分析,证实度量结果的合理性及可靠性。针对校验阶段发现的问题,采用具有针对性的修正手段进行优化,若偏差是由数据质量问题引起的,需重新开展数据采集及整合工作,把数据样本补充完整;若因模型参数设置方面不合理造成偏差,要凭借校验结果调整模型的各项参数,改良模型的结构^[3],修正结束后应再次开展校验工作,直至度量结果符合预先制定的精度要求,最终获得科学精准的城市综合防灾韧性度量成效,为后续规划提升策略提供精准凭据。

3 城市综合防灾韧性提升方法

3.1 基于风险防控的韧性提升方法

若要提升基于风险防控的韧性,需立足灾害预防的前端,建立覆盖风险识别、风险评估及风险管控的全流程增强体系,风险识别阶段采用像遥感监测、地理信息系统(GIS)这样的技术手段,把实时监测数据与历史灾害数据结合起来,全面排查且精准鉴别城市灾害风险,构建实时动态更新的风险隐患台账,明确风险隐患的位置、种类、等级及影响区间。风险评估阶段采用定量定性相结合的评估方式,构建起风险评估模型,分析不同风险隐患出现的概率及其影响程度,明确风险等级与防控的优先次序,风险管控的阶段里,针对不同等级的风险隐患制定不同防控策略,就高等级风险隐患而言,采用工程治理与非工程治理联合的模式,实施隐患治理项目,完备防控设施;就中低等级风险隐患而言,增强日常监测及巡查管控工作,构建风险预警机制,快速察觉并处理风险隐患,同时强化风险防控的协同互动,把各部门的防控资源进行整合,创建跨区域、跨部门的风险防控合作体系,增进风险防控的整体成效。

3.2 基于设施系统的韧性提升方法

基于设施系统进行韧性提升,要聚焦城市的关键基础设施与防灾设施,采用优化设施布局、加强设施性能、提高设施协同运作来增强韧性,于设施布局优化阶段,结

合城市空间规划与灾害风险的分布,采用空间分析技术评估设施布局是否恰当,针对布局存在不均衡、覆盖未达全面的问题,制定补齐设施短板的方案,新增或调整设施布局,确保设施能有效对高风险区域和人口密集区域实现覆盖。于设施功能强化阶段,切实加大对老旧设施的改造升级力度,运用先进技术增强设施的抗灾能力与运行稳定性,对防灾设施实施功能拓展,增进设施监测、预警、处置等综合功能;并且推进智能设施的搭建工作,依赖物联网、大数据等技术构建智能设施监测及管理平台,达成设施运行情况的实时监测与智能调配^[4],于设施协同性提升阶段,建立不同种类设施之间的协同联动机制,加大基础设施同防灾设施、骨干设施以及配套设施之间的衔接配合力度,构建彼此支撑、彼此补充的设施网络框架,增强设施系统的整体抗灾水平。

3.3 基于应急响应的韧性提升方法

提升基于应急响应的韧性,需聚焦灾害应对全过程,通过健全应急体系、精化响应流程、增强资源保障来提高响应水平,应急体系完善阶段打造“统一指挥、分级负责、属地管理”的应急指挥体系,明确各部门、各单位的应急职责和分工,建起应急联合互动机制,提升应急指挥的协同效率与配合度^[5];同时改进应急预案体系,针对各类灾害类型以及灾害等级,制定专项应急预案,加强预案的针对性和实际运用的可操作性。响应流程优化阶段采用流程再构理论,对应急响应全流程予以梳理,简化繁杂环节,界定各环节的时间节点与责任承担主体,形成快速高效的应急响应流程;采用数字化技术打造应急响应指挥平台,实现应急信息的实时分享、应急资源的智能调度与应急决策的科学支撑,增进应急响应的智能水平。资源保障强化阶段搭建多元化的应急资源储备体系,把政府储备、企业储备、社会储备的资源整合起来,

优化资源储备的整体布局,保障应急资源能迅速调配到需要的地方;着重抓好应急队伍建设,构建专业化的应急救援队伍,实施常态化的应急演练安排,增强应急队伍的实战水平;并且强化应急方面的宣传教育,增进公众的应急意识以及自救互救能力,构建全民介入的应急响应格局。

结语

本文聚焦基于韧性城市理念的城市综合防灾度量及提升办法,围绕度量体系构建、度量实施路线和提升举措三个核心层面展开研究,明确了维度筛选、阈值确定及权重分配的度量体系构建举措,将度量实施流程的数据采集、模型运行以及结果校验步骤进行细化,提出了包含风险防控、设施强化、应急响应的韧性提升手段,研究形成的方法体系既具科学性又有可操作性,能为城市综合防灾韧性建设供给精准的技术支撑,未来可进一步分析极端灾害场景下的度量与提升方法,结合技术变迁持续改进方法体系,增强城市处理复杂灾害的韧性水平。

参考文献

- [1]刘龙,徐国强.超大城市国土空间韧性提升策略研究——上海市综合防灾减灾规划探索与思考[J].城市学报,2024(6):54-59.
- [2]刘博文,王征,贾晓强.韧性城市视角下惠州国土空间综合防灾规划策略研究[J].价值工程,2024,43(28):152-156.
- [3]赫磊,解子昂.走向韧性:城市综合防灾规划研究综述与展望[J].城乡规划,2021(3):43-54.
- [4]王慧彦,李强,王建飞,等.韧性城市建设视角下的宁波市综合防灾减灾规划[J].地震研究,2021,44(2):275-282.
- [5]邱桐,陈湘生,苏栋.城市地下空间综合韧性防灾抗疫建设框架[J].清华大学学报(自然科学版),2021,61(2):117-127.