

Research on Urban Flood Assessment Methods

Wenjun Tian Nan Zhang

Yellow River Hydrological Bureau, Zhengzhou, Henan, 450004, China

Abstract

Urban flood disasters are one of the main natural disasters faced by contemporary cities. Their occurrence is not only affected by complex and variable natural factors such as rainfall intensity and topography, but also closely related to the rapidly advancing urbanization process. With the acceleration of urbanization, the increase in impervious surface area and the imperfect drainage system have greatly increased the frequency and intensity of urban floods. With the continuous advancement of urbanization in China, it is of great significance to study flood assessment methods. This paper aims to explore in depth the assessment methods of urban flood disasters, and analyze the constituent elements and risk characteristics of urban flood disasters from a theoretical perspective. By analyzing the differences in the characteristics of exposure, vulnerability, and fragility of disaster bearing bodies, we can comprehensively understand the complexity of urban flood disasters. In addition, this article will compare and analyze common urban flood risk assessment methods and frameworks, explore their applicability, advantages and disadvantages, and their application effects in different urban backgrounds, providing scientific basis and strategic support for urban disaster prevention and reduction.

Keywords

urban flood disasters; risk assessment; disaster bearing body; exposure; vulnerability; vulnerability

城市洪涝评估方法研究

田文君 张楠

黄委水文局, 中国·河南 郑州 450004

摘要

城市洪涝灾害是当代城市面临的主要自然灾害之一,其发生不仅受到复杂多变的自然因素的影响,如降雨强度、地形地貌等,还与迅速推进的城市化进程密切相关。随着城市化的加速,地表不透水面积的增加以及排水系统的不断完善,极大地提高了城市洪涝发生的频率和强度。随着中国城市化进程的不断推进,研究洪涝评估方法意义重大。论文旨在深入探讨城市洪涝灾害的评估方法,从理论层面分析城市洪涝灾害的构成要素及其风险特征。通过辨析承灾体的暴露性、脆弱性和易损性等属性特征之间的差异性,全面理解城市洪涝灾害的复杂性。此外,论文比较分析常见的城市洪涝灾害风险评估方法和框架,探讨其适用性、优缺点以及在不同城市背景下的应用效果,为城市防灾减灾提供科学依据和策略支持。

关键词

城市洪涝灾害; 风险评估; 承灾体; 暴露性; 脆弱性; 易损性

1 城市洪涝灾害及其风险

1.1 城市洪涝灾害

从过往的城市洪涝灾害的案例分析中能够发现,城市内涝灾害的成因是一个多元因素交织、互为影响的复杂体系,该体系涵盖了城市灾害孕育环境、致灾因素及载体在特定地理空间上的动态相互作用。此体系的复杂性不仅源自其自然属性的多样变化性,还深刻反映出人类活动对其演变路径的干预效应。特别是随着城镇化进程的加快,大规模城市扩展与基础设施建设活动极大地重塑了城市自然水文循环格局。具体表现在城市不透水面积的扩大、天然水体资源的缩减,以及排水设施承受能力的逼近极限,这些变化共

同促成了城市内涝事件发生频次与强度的显著攀升。

城市作为洪涝灾害发生的先决条件,其环境构成要素包括地形地貌、气候特性和水文学特性,这些共同形塑了城市这一孕灾环境。具体来说,城市内部的地势低洼、建筑物密集布局及绿地面积受限,均能提升城市系统对于降水的敏感度,进而放大洪涝发生的可能性。进一步地,致灾因素作为直接驱动力,包括极端降雨、台风侵袭、海平面上扬等自然成因,以及城市扩张进程中人为干预的结果,比如非理性的土地利用、排水系统设计的不完善,此类人为活动显著增强了自然致灾因素的影响力。最终,承受灾害体,即洪涝直接影响的对象,涵盖了城市居民群体、建筑设施、基础设施建设与自然生态系统,其承受灾害的暴露程度与自身韧性直接决定了在灾害中的受损状况。

1.2 城市洪涝灾害风险

城市洪涝灾害的风险评估是一个涉及多方面因素的复

【作者简介】田文君(1987-),女,中国河南郑州人,本科,从事水文信息化领域研究。

杂问题,其特征由灾害诱因的危险等级、受灾对象的暴露程度及自身脆弱性共同塑造。近年来,随着全球气候变暖趋势的加剧与城市化发展的快速推进,城市区域面临的洪涝灾害风险显现出急剧上升的态势。气候变暖的直接影响是增强了极端降水事件的发生频次与强度,而城市化进程则通过改变城市内部的水文循环机制,进一步加剧了这类极端气候事件的负面效应,导致灾害风险的增加。

首要因素在于致灾因子的危险性,它是构成城市洪涝灾害风险的要害部分。具体而言,极端降水事件频度与强度的攀升,对城市排水系统施加了巨大压力,进而提升了洪涝事件的发生概率,全球气候变暖导致海平面上升的现象,进一步加剧了沿海区域的洪涝威胁。其次,承灾体暴露性的讨论着重于其在洪涝灾害威胁下的类型分布、时间空间特征及其价值评估。随着城市化进程的加速,高密度的人口与资产聚集显著放大了承灾体的暴露程度。最后,承灾体的脆弱性关乎其在外界冲击下的受损易感性,包括城市基础设施的老化问题、排水系统的能力局限,以及应急响应机制的不充分,这些因素共同加剧了承灾体的脆弱状态。

城市洪涝灾害风险所固有的变异性、动态性及复合性特征,对灾害防控工作带来了复杂的难题。其中,变异性着重反映于气候变化与快速城市化进程中蕴含的复杂度与难以预见性。动态性则揭示了洪涝灾害风险在时间和空间维度上的波动特性,不同地域与时期的风险水平存在明显异质性。复合性特征强调了城市洪涝灾害与其他自然灾害(例如山洪暴发、泥石流等)之间的相互渗透与叠加影响,进一步提升了灾害管理的复杂维度。鉴于此,全面而科学地评判及应对此类灾害风险,要求我们细腻考量多要素间的交互作用,构建一个全方位的防灾减灾策略体系。

2 城市洪涝灾害承灾体响应特征

2.1 暴露性

在评估城市洪涝灾害的危险性时,“暴露性”是一个关键性概念,它描绘了受灾对象在洪水冲击下的可能风险层级。更具体地讲,“暴露性”涵盖了受灾对象的种类、时间空间布局及其价值评估维度。这些受灾对象广泛涉及城市基础设施建设、民居结构、人口集中度及经济活动等多个维度。“暴露性”的强弱直接关联着受灾对象在灾害来袭时所面临的危险程度——高度暴露意味着洪水事件中受损的可能性加剧,进而潜在地提升了其脆弱性。因此,系统化探究城市各领域受灾对象的暴露特性,对于增强洪涝灾害的风险辨识与评估效能具有不可小觑的价值。

2.2 脆弱性

脆弱性这一概念是指受灾体在面临诸如洪水等外力冲击时,所显露的易受伤害或破损的程度。其形成机制根植于多种因素的交织作用,涵盖了社会架构、经济状态、物理环境及生态系统等多个维度。这些多元因素致使弱点展现出显

著的时空差异性,即在不同的时间点与地域环境中,弱点的表现特征与严重度各不相同。为了准确评判受灾体的弱点,综合运用多种评价手段显得尤为重要,这包括定性分析、半定量分析以及定量分析等策略。这些策略从多维视角与不同精细度入手,对受灾体的弱点进行全面剖析,为风险管控策略的制定提供了坚实的依据。

2.3 易损性

易损性这一概念指的是承灾对象在特定灾害孕育环境下,遭遇外界动力冲击时所展现出的受损可能性的程度。它是暴露状态与系统脆弱性相互作用的产物,因此在时间和空间上表现出显著的差异性。当易损性水平较高时,意味着灾害来袭之际,承灾体更易于遭受重大损害。评估易损性不仅需要静态的定性分析,用以辨别可能的风险源,还应涵盖动态的综合性评价,旨在把握承灾体在多样情境中的反应特性。通过探究易损性的内涵,能够为城市制定更为科学的防灾减灾策略奠定基础,有效缓解洪水等灾害所带来的经济损失及社会影响。

3 城市洪涝灾害风险评估

3.1 风险评估框架

城市洪涝灾害风险评估体系一是个复合多层面的架构,具体涵盖了三种核心模式:危险度(H)—受损性(V)、危险度(H)—暴露性(E)—脆弱性(V),以及危险度(H)—暴露性(E)—脆弱性(V)—减灾应对能力(R)。每一评估模式均有其特殊的应用场景及前提条件。选取适宜的评估框架过程中,必须详尽考量城市的独有地理特性、气候特点与社会经济面貌,从而保证评估结论的科学合理性。其核心在于,借助系统化分析与适宜模型的选择,将城市洪涝灾害所固有的复杂属性与不确定性有效整合进行评估机制,从而为灾害防御及减轻策略的制定奠定坚实的理论基础。

3.2 风险评估流程

城市洪涝灾害风险评估程序是一个复合、多阶段、体系化的作业流程,它整合了多种专业知识领域和技术工具。该程序的首先需要是确立风险评估的宗旨及选取评估标准,这一步骤极为关键,因为它框定了评估工作的导向及核心关注点。评估标准的制定需全方位、精确映射城市洪涝灾害风险的特性,普遍涵盖自然环境变量、社会经济要素、基础设施易损性等多元向度。这些标准必须满足科学严谨性、实践可行性和相互比较性的要求,从而保障评估结论的时效性与可靠性。

在确立了评估标准之后,紧接着的工作环节涉及资料的获取与整合。这一过程应广泛吸纳各类数据来源,比如历史灾情档案、气象学数据、地理信息系统(GIS)资料、遥感影像信息以及社会经济统计数字等。确保评估结论的可信度,数据的精确度与全面性是至关重要的前提条件。因此,在搜集数据的操作中,科学化手段与技术手段的应用是必

不可少的,以保障所获取数据的高品质。

当数据采集工作完毕,紧接着的步骤是对数据进行抽取与加工处理。此环节涵盖了诸多高级数据分析手法,如数据净化、数据转换处理以及数据标准化等,旨在确保数据适合后续深入分析及模型构建之需。透过精湛的数据处理技巧,能从中萃取出关键的风险要素信息,为风险评估构建稳固的数据支撑体系。

最后是风险评估与区域划分的工作。利用科学化的分析手段,将经整理及分析的数据导入风险评估模型,实施综合性分析,以辨识城市各区域面临的风险程度及其特性。此评估成果旨在为城市防洪规划及紧急管理策略的细化制定提供坚实的导向与决策依据,有效削减城市内涝灾害可能带来的威胁与损害。

3.3 风险评估方法

针对城市内涝灾害的风险评估,现有的技术手段展现出丰富多样性,为适应不同情境及环境需求提供了广泛的选项。这类评估方法可大致归纳为三类核心类别:定性分析、半量化分析以及全量化分析,它们各具应用场景及独特优势。尤其是全量化分析方法,因其高度的精确度及客观性特质,在当前风险评估领域中被广泛采纳并应用。

在定量分析中,历史灾情评估方法占据着传统而关键的位置,通过细致探究过往灾害实例的量化信息,来揭示洪涝灾害的出现频次、强度及其造成的种种效应。此法注重从既有经验资料中积累知识并提炼规律,特别适用于那些历史数据充沛的城市环境背景下。

评估准则体系运用一套严谨而多元的指标架构,对风险实施定量分析。此方法的精髓在于精确实证的指标选取及均衡的权重分配,尤其适用于综合考量多重因素作用的复杂情境下进行深入评估。

地理空间分析中,GIS与遥感技术的集成应用凭借其现代化的空间数据分析能力,实现了对大规模区域的精密风险评估。这种方法不仅能够详尽地揭示空间分布特征,还为决策者提供了直观明了的地理风险地图,从而增强了决策支持的有效性。

情景模拟评估法则通过模拟可能发生的灾害情景,来预测城市在不同条件下的风险水平。该方法可以帮助理解潜在灾害的影响范围和严重程度,是进行应急预案设计的有效工具。

情景模拟与多智能体耦合评估法结合了智能技术,能

够动态模拟不同承灾体在灾害情境下的响应行为。这一方法不仅提高了评估的精细化程度,还能够提供更加智能化的风险管理策略。

4 结论

城市内涝灾害的风险评估是一个复杂而多层次的体系,涉及自然、社会、经济等多重因素的交互影响。通过科学且系统的评估手段与架构,如地理信息系统(GIS)、遥感技术和大数据分析,我们能够精确量化城市内涝的潜在风险。这不仅为识别高风险区域提供了清晰的指引,还为制定有效的灾害预防和缓解策略奠定了坚实的理论基础。展望未来,随着技术的不断进步和数据资源的日益丰富,城市内涝灾害风险评估工作将朝着更为精细化和高效化的方向发展。新技术的应用,如人工智能和机器学习,将进一步提升评估的精准度和时效性,使城市能够更好地应对洪涝灾害带来的挑战,保障居民的安全和城市的可持续发展。

参考文献

- [1] 徐宗学,卢兴超,施奇妙.城市暴雨洪涝灾害特征与风险评估研究进展[J/OL].水利水电科技进展,1-12[2024-10-12].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1439.TV.20240827.1201.005.html>.
- [2] 晁小路,罗宝杰.城市洪涝风险的多方法组合评估与应用[C]//河海大学,北京水利学会,北京应急管理学会,天津市水利学会,天津市应急产业联盟,2024首届水旱灾害防御与应急抢险技术论坛论文集,黄河水利委员会上游水文水资源局,2024:8.
- [3] 柯佳颖,梁允,狄立,等.基于SAR影像洪水淹没频率的城市洪涝风险评估方法[J].水利水电技术(中英文),2024,55(S1):1-10.
- [4] 范玲.中国城市洪涝灾害韧性的作用机理、时空格局演化与提升路径研究[D].太原:山西财经大学,2023.
- [5] 王德运,冀承泽,张露丹,等.城市洪涝风险的多方法组合评估与应用[J].灾害学,2024,39(1):96-103.
- [6] 庞奕文.不同空间尺度下海口市城市暴雨内涝韧性评估研究[D].北京:北京建筑大学,2023.
- [7] 舒亮亮,何小赛.城市洪涝灾害风险评估研究进展[J].中国防汛抗旱,2022,32(S1):127-132.
- [8] 周铭毅,尚志海,蔡灼芬,等.基于VIKOR方法的广东省城市洪涝灾害韧性评估[J].灾害学,2023,38(1):206-212.
- [9] 赵佳慧,许红师,王田野,等.基于改进熵权-TOPSIS-灰色关联方法的洪涝风险评估[J].水利水电技术(中英文),2022,53(10):58-73.
- [10] 宋英华,施申亮.韧性视角下的城市区域洪涝承灾能力评估方法研究[J].工业安全与环保,2022,48(6):33-37.