

贵阳市洪涝灾害风险评估及应急响应策略研究

周子青

中央民族大学管理学院, 北京

收稿日期: 2025年4月20日; 录用日期: 2025年5月13日; 发布日期: 2025年5月20日

摘要

在全球气候变暖导致极端天气频发的背景下, 灾害性天气对人类社会构成了严峻的威胁, 气象防灾减灾救灾工作成为公共安全体系中不可或缺的一环。贵阳市, 作为具有独特地理环境和气候条件的山地城市, 其洪涝灾害风险尤为突出, 对城市安全造成重大挑战。本文旨在通过科学的方法评估贵阳市的洪涝灾害风险, 并提出有效的应急响应策略, 以减轻灾害损失, 保障人民生命财产安全。在风险评估的基础上, 进一步探讨贵阳市洪涝灾害的应急响应策略, 针对贵阳市的实际情况, 提出策略建议。本研究不仅丰富了山地城市洪涝灾害风险评估的理论体系, 也为贵阳市及类似地区的洪涝灾害防治和空间管理决策提供重要的参考依据。

关键词

洪涝灾害, 风险评估, 应急响应, 贵阳市

Research on Flood Disaster Risk Assessment and Emergency Response Strategies in Guiyang City

Ziqing Zhou

School of Management, Minzu University of China, Beijing

Received: Apr. 20th, 2025; accepted: May 13th, 2025; published: May 20th, 2025

Abstract

In the context of frequent extreme weather caused by global warming, severe weather poses a severe threat to human society, and meteorological disaster prevention and relief work has become an indispensable part of the public security system. As a mountain city with unique geographical environment and climatic conditions, the risk of flood disaster is particularly prominent in Guiyang, which poses a major challenge to urban security. The purpose of this paper is to evaluate the flood

disaster risk of Guiyang city through scientific methods, and put forward effective emergency response strategies to reduce disaster losses and ensure the safety of people's lives and property. On the basis of risk assessment, the paper further discusses the emergency response strategy of flood disaster in Guiyang City, and puts forward some suggestions according to the actual situation of Guiyang City. This study not only enriches the theoretical system of flood disaster risk assessment in mountainous cities, but also provides important reference for flood disaster prevention and spatial management decision-making in Guiyang and similar areas.

Keywords

Flood Disaster, Risk Assessment, Emergency Response, Guiyang City

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,国家高度重视气象防灾减灾工作,从“强化气象服务,提升防灾减灾效能”,到“构建应急管理体系,全面增强公共安全与防灾减灾能力”,再到“完善监测预警应急机制,升级气象服务水平”,直至强调“全方位、多层次推进安全生产与防灾减灾工作,特别是地震、气象、测绘、地质等领域的综合防范”[1]。这些举措体现了国家对防灾减灾工作的高度重视。

我国灾害类型多样、波及范围广泛、发生频次高且破坏性大。其中,洪涝灾害作为一种典型的气象衍生灾害,具有发生频率高、影响范围广、破坏力强等特点,不仅对人民生命财产安全构成严重威胁,还对区域社会经济可持续发展造成显著制约。贵阳市因其独特的地理位置和气候条件,频繁遭受洪水袭击,是全国洪涝灾害高发城市之一,不仅经济损失惨重,人员伤亡严重,且重复受灾现象普遍。此外,市内洪涝灾害还易引发山洪、泥石流、滑坡及内涝等次生灾害,展现出极大的破坏力与潜在风险,不利于贵阳市城市化发展。因此,加快构建城市洪涝灾害应急响应机制迫在眉睫[2]。

国内学者对城市洪涝灾害的研究逐渐从定性分析转向量化,主要集中在以下三个领域:一是灾害风险评估,通过指标体系法和情景模拟模型(如 Flood Area、CLUE-S、GIS 空间分析),从致灾因子、孕灾环境、承灾体及防灾能力等维度构建评估框架;二是灾害损失评估,利用灾损率曲线估算直接经济损失,结合投入产出模型分析间接损失[3];三是应急预案评估,通过模块化与流程化优化应急预案,提升决策效率[4][5]。相关研究均为城市洪涝灾害防控提供了一定的理论与技术支撑。

本研究将通过集成高分辨率地形数据、历史降水记录、水文模型及社会经济数据等多源信息,构建综合评估框架,实现对洪涝灾害发生概率、影响范围及潜在损失的精准量化。这不仅能够为贵阳市政府及相关部门提供科学的决策依据,还能提升洪涝灾害的早期预警能力,为防灾减灾工作争取宝贵时间。同时基于洪涝灾害风险评估结果,进一步探索应急响应策略的优化路径,从而提出更加科学、合理的应急响应策略。

2. 研究方法 with 理论基础

2.1. 研究方法

2.1.1. 文献综述法

通过中国知网数据库、图书馆、搜索引擎、中国气象局及贵州省市气象局官方网站等,对国内外相

关文献进行大量搜集、查阅和整理,了解、掌握当前关于贵阳市灾害监测、防御、预警等方面的研究现状。通过对这些文献的深入分析和总结,可以了解现有研究的成果和不足,为本研究提供理论支撑和方法借鉴。

2.1.2. 层次分析法(AHP)

层次分析法(Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP)是一种定性和定量相结合的、系统化、层次化的决策分析方法。它由美国运筹学家托马斯·L·萨蒂(Thomas L. Saaty)在 20 世纪 70 年代初期提出,主要用于解决复杂的决策问题[6]。本研究通过层次分析法(AHP)建立洪涝灾害风险评估模型,具体思路如下:首先,确定风险评估的指标体系,包括灾害发生频率、影响范围、经济损失、人员伤亡等因素;其次,通过专家咨询、历史数据分析等方法,构建判断矩阵,计算各指标的权重,并进行一致性检验,以确保权重分配的有效性;最终,建立基于 AHP 的极端自然灾害风险评估模型,用于评估不同地区或不同类型灾害的风险水平。

2.2. 理论基础

2.2.1. 4R 危机管理理论

自 18 世纪起,“危机”一词就频繁出现于政治舞台,它作为政府治理中遭遇紧急事态的标志性术语,逐渐衍生出“危机管理”这一概念。在国内学术界,张成福教授关于危机管理的定义获得了广泛认可,他阐述道:“危机管理是一个系统性、规划性且持续动态的管理流程,旨在政府层面针对潜在或现行的危机,在危机演变的各个阶段实施一系列精准的控制行动,以达成有效预防、妥善应对及最终化解危机的目标。”[7]对于“公共危机管理”的界定,吴兴军则认为:“公共危机管理是公共管理不可或缺的组成部分,它涉及政府及其他公共机构在先进公共管理理念指引下,通过监测预警、预防准备、应急响应、效果评估及恢复重建等一系列措施,旨在预防或减少公共危机带来的损害,保障社会安全与稳定的管理活动。”[8]

在罗伯特·希斯(Robert Heath)的《危机管理》中,他提出了 4R 危机管理框架,该框架由缩减(Reduction)、预备(Readiness)、反应(Response)与恢复(Recovery)四大核心环节紧密构成,形成了一个闭环式的动态管理体系。其中,“缩减”作为这一理论的核心,不仅关注于内部管理的优化与外部环境的风险评估,更致力于从源头上减轻危机可能带来的冲击与损害;“预备”阶段,是危机防范的坚实盾牌,它构建了一个集预警与监视功能于一体的综合系统。通过不间断的事件监测,该系统能够敏锐捕捉危机的前兆信号,并即时触发预警机制,为后续的应对行动赢得宝贵时间;“反应”阶段,是危机应对的实战环节。一旦接收到预警信号,组织需迅速响应,依托前期风险评估的洞察,制定并实施针对性的管理策略;“恢复”阶段,则是危机管理周期的收尾与反思。它聚焦于危机后的损失挽回与秩序重建,同时,通过科学总结与评估,为未来的危机管理积累宝贵经验。在此阶段,“缩减”的风险评估方法再次展现其价值,它不仅帮助识别恢复计划中的潜在风险,还促进了恢复工作的优化与提升,确保组织能够更快地回归正轨,并具备更强的韧性以应对未来的挑战[9]。“4R”要作为一个整体才能实现对危机的全方位动态管理,而“缩减”管理贯穿过程始终。在“预备”中,“缩减”的风险评估法提前发现预警系统中的薄弱之处,从而及时予以修正或加强;在“反应”中,“缩减”的风险评估法能提前识别危机风险,使管理者对症下药,找出危机处理的有效方案;而在“恢复”中,则可对恢复计划中存在的风险进行评估,避免重蹈覆辙的同时也能使恢复工作发挥更大的反弹效用。

严重的气象灾害若应对不慎很可能引发一系列社会危机,因而在研究气象灾害预警机制时需要 4R 危机管理理论来支撑。气象灾害作为最常见的公共危机之一,在灾害性天气将要或者已经发生时,将

4R 危机管理理论运用于灾害风险评估、预警、响应、总结的全过程，以保障在高效的预警机制下能够尽可能地减少灾害损失，其中“监测预报预警”与“部门联动与应急响应”分别对应该理论中的“预备”和“反应”。

2.2.2. 自然灾害风险评估理论

国际上，1991 年联合国救灾组织创建了 UNDR0 模型，认为灾害风险是风险性与易损性的乘积，主要包含危险识别及脆弱性评价、风险评估和风险分级、风险叠加。其他国家，如澳大利亚灾害学会提出了 SMUG 模型，结合灾害发生的严重程度、紧急程度、风险概率，对预测的风险结果进行综合评分；再如美国联邦应急管理署发布 FEMA 模型，以灾害发生历史数据为基础，根据脆弱群体的空间特征计算出最大威胁区，并分析区域内灾害发生的可能性，通过赋权进行风险评分，进而划分去风险阈值。

国内，尹占娥在总结国外灾害评估模型、自然灾害评估理论与方法的基础上，结合我国城市特点，对上海市进行了自然灾害综合风险评估[10]；卢兴超等以北京市海淀区清河流域某典型排水分区为研究对象，利用 SWMM 和 LISFLOOD-FP 模型，模拟洪涝风险过程，并基于 NetLogo 模型构建城市洪涝灾害承灾体动态风险评估模型[11]。

当前国内外对于自然灾害风险评估的方法运用呈现出明显的定量化趋势。国外学者早就将 GIS、主成分分析等方法运用于灾害风险的评估中。Petevilie 应用遥感和 GIS 技术对印度 Nagaland 邦进行了多灾害风险评估和区域风险等级区划，主要选取该城市的人口、建筑方面的指标，对其承灾体的暴露性、脆弱性进行分析；SR Han 在对韩国仁川各区的灾害研究中，采用主成分分析及德尔菲分析结合的方法，从致灾因子危险性、暴露度、脆弱性以及应急恢复能力四个方面，考虑研究区域内防洪、排水等公共基础设施以及极端大风暴雨的发生情况，计算得出各区的灾害风险指数。国内学者也在加快使用量化方式评估灾害风险的研究进程。刘冰等以山东沿海 7 个城市为评估对象，采用主成分分析法、熵值法等方法计算指标体系权重，从致灾因子危险性、承灾体脆弱性和防灾减灾能力的抵御性三个方面对研究区域的海洋灾害进行综合风险评估。

3. 贵阳市洪涝灾害风险评估

3.1. 数据来源及主要计算方法

本文所需的气象、地形、河网水系、植被覆盖度、社会经济和灾情数据的来源见表 1。

Table 1. Data source table
表 1. 数据来源表

数据类型	数据集	数据来源
气象数据	降水、气温	贵阳市气象信息中心(天擎)
地形数据	SRTMDEM 90M 分辨率原始高程数据	地里空间云数据
河网水系数据	2019 年中国 1 km 格网河网密度	中国科学数据
植被覆盖度数据	中国年度 1 km 植被覆盖指数(NDVI)	中国科学院资源环境科学与数据中心
社会经济数据	包括各区县行政区域面积、年末常住人口、国民生产总值、耕地面积、卫生机构医疗床位数	贵阳市统计年鉴(2022)、各区县国民经济和社会发展统计公报(2022)、全国行政区划信息查询平台
灾情数据	2000~2022 年贵州省各区县农作物受灾、成灾面积	贵州省民政厅、应急管理厅、气象灾情直报系统、《中国气象灾害大典(贵州卷)》

3.1.1. 归一化处理

为了消除各指标量纲和数量级差异，对使用的数据均采用归一化处理，公式如下[8]：

当为正向指标时：

$$D_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\}}{\max\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\}} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

当为负向指标时：

$$D_{ij} = \frac{\max\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\} - x_{ij}}{\max\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\} - \min\{x_{1j}, \dots, x_{mj}\}} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式中， x_{ij} 和 D_{ij} 分别是第 i 个指标第 j 个评价对象的原始值和标准化值， $x_{\max}$ 、 $x_{\min}$ 分别为 m 个评价指标的最大值和最小值。

3.1.2. 层次分析法

其计算步骤如下[12]：

第一步，构造判断矩阵。

主要通过咨询专家意见并对两两指标要素进行重要性比较评价打分(如表 2)，其结果构成的矩阵称为判断矩阵。

Table 2. 1~9 Comparison scale table

表 2. 1~9 比较标度表

标度	两指标(i 和 j)相比情况说明
1	i 和 j 相比同样重要
3	i 比 j 稍微重要
5	i 比 j 明显重要
7	i 比 j 强烈重要
9	i 比 j 极端重要
2、4、6、8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若 i 与 j 的重要性之比为 a_{ij} ，则 j 与 i 的重要性之比为 $1/a_{ij}$

第二步，层次单排序及一致性检验。

层次单排序确定该层各因素对上层某因素影响程度，可归结为计算判断矩阵特征向量(W)和最大特征值($\lambda_{\max}$)问题。

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} \quad (3)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

式中： $\lambda_{\max}$ 为最大特征值； A 为矩阵； W_i 为权重值； CI 为最大特征根值； n 为矩阵维数； RI 为随机一致性指标； CR 为一致性比率，当 $CR < 0.1$ 时，认为所得的层次排序权重是正确、合理的，具有满意的一致性。

第三步，加权综合评价法。

该方法将多指标权重 ω_i 与原始指标 D_i 相乘，以集中代表整个评价优劣，即[13]：

$$W_i = \sum \omega_i \cdot D_i \tag{6}$$

3.2. 贵阳市暴雨洪涝灾害风险评估

3.2.1. 指标体系构建

连续集中降雨是导致暴雨洪涝发生的主要原因，由于贵州独特的地形地貌及地质灾害隐患点分布情况，很多暴雨灾害的发生并不一定要达到暴雨级别才会致灾，因而将持续性的短时强降水也考虑其中，参考郑德凤、谢捷[14]、胡颖[15]等多篇文献，最终选取贵阳市暴雨洪涝灾害致灾因子危险性包括年暴雨日数、最大小时雨强、小时雨量超过 20 毫米的次数、暴雨日平均雨量、最大日降雨量 5 个指标(均取年平均)，资料年限为 2010~2022 年。孕灾环境敏感性是区域环境对灾害反应的敏感程度，主要考虑水文和地貌环境，具体指标由高程、坡度、河网密度、植被覆盖度构成。承灾体易损性也称脆弱性，是定量描述承灾体潜在损失程度的概念，通常选取人口密度、地均 GDP、耕地比重 3 个指标。防灾减灾能力是指承灾体的灾前准备能力、灾中应急能力和灾后恢复能力，由于数据获取的局限性，本文选取人均 GDP 和人均万人病床数 2 个指标(如图 1)。

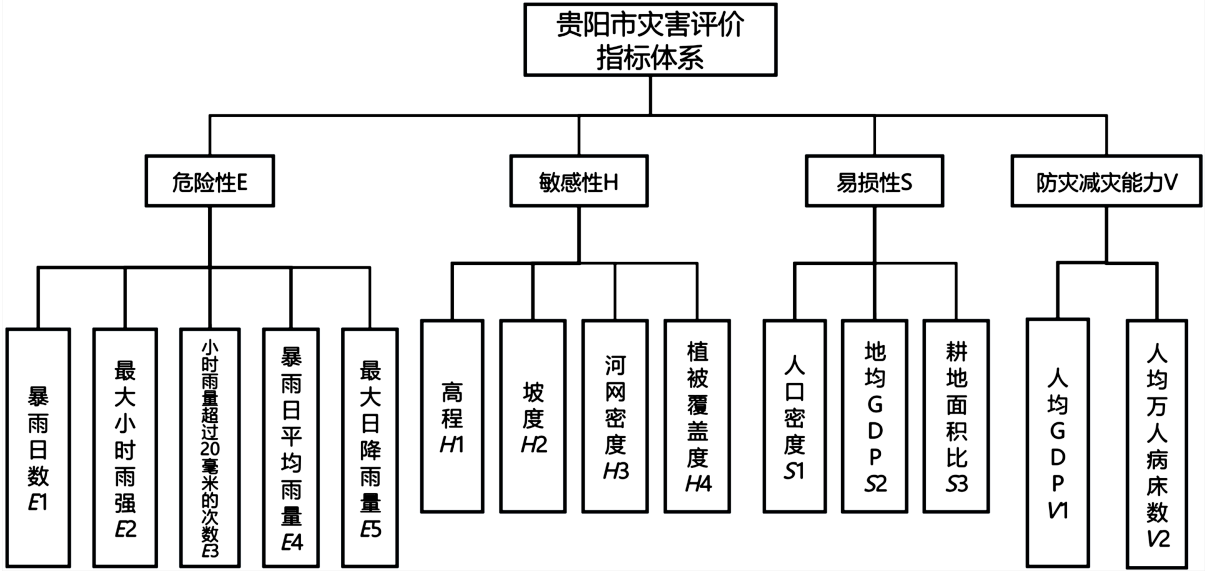


Figure 1. Guiyang city disaster evaluation index system
图 1. 贵阳市灾害评价指标体系

3.2.2. 致灾因子危险性评估

由于贵阳市独特的地形地貌及地质灾害隐患点分布，许多暴雨灾害不一定达到暴雨级别才会致灾[15]，因此需考虑短时强降雨带来的影响，最终选取贵阳市 2010~2022 年的年暴雨日数(E1)、最大小时雨强(E2)、小时雨量超过 20 毫米的次数(E3)、暴雨日平均雨量(E4)、最大日降雨量(E5)(均取年平均)作为危险性指标。经层次分析法计算出致灾因子的 5 个指标权重，并进行无量纲化处理。计算可得 $\lambda_{\max} = 5.42$ ，

$CR < 0.1$ ，一致性检验通过，对应权重数值合理可行(如表 3)。暴雨灾害致灾因子危险性与暴雨过程雨量和时长密切相关，一个地区暴雨日数越多，强降水集中雨量越大，持续时间越长，该地区遭受暴雨洪涝灾害的危险就越大。根据公式(6)计算致灾因子危险性指数，可以得出其分布大致呈现南部比北部高、西部比东部较高的特点。处于致灾因子较高危险等级以上的主要有清镇市、观山湖区、花溪区等地区，其余则在中等及以下的危险等级。高风险地区因地形地貌、天气气候等因素多易发强降水，尤其是突发性暴雨，曾发生过多起特大暴雨致灾。

Table 3. Weight judgment matrix and consistency test of disaster factor index layer

表 3. 致灾因子指标层权重判断矩阵及一致性检验

致灾因子危险性指标	暴雨日数	最大小时雨强	小时雨量超过 20 毫米的次数	暴雨日平均雨量	最大日降雨量	权重值
暴雨日数	1	6	3	5	4	0.4615
最大小时雨强	1/6	1	1/5	1/2	1/3	0.0523
小时雨量超过 20 毫米的次数	1/3	5	1	4	3	0.2616
暴雨日平均雨量	1/5	2	1/4	1	3	0.1259
最大日降雨量	1/4	3	1/3	1/3	1	0.0987

3.2.3. 孕灾环境敏感性评估

孕灾环境敏感性是区域环境对灾害反应的敏感程度，主要考虑水文和地貌环境，具体指标由高程(H1)、坡度(H2)、河网密度(H3)、植被覆盖度(H4)构成。经层次分析法计算出 4 个指标的权重。计算可得 $\lambda_{\max} = 4.02$ ， $CR < 0.1$ ，一致性检验通过，对应权重数值合理可行(如表 4)。地势越低、坡度越小、植被覆盖越低、附近河网越密集的平坦低洼地更容易发生暴雨洪涝。根据式(6)计算孕灾环境敏感性指数可知，贵阳市境内暴雨洪涝灾害孕灾环境较为敏感区集中在贵阳市的中东部和南部，而西部敏感性较低。

Table 4. Disaster pregnancy environmental index layer weight judgment matrix and consistency test

表 4. 孕灾环境指标层权重判断矩阵及一致性检验

孕灾环境指标	高程	坡度	河网密度	植被覆盖度	权重值
高程	1	1	1/3	1/2	0.1411
坡度	1	1	1/3	1/2	0.1411
河网密度	3	3	1	2	0.4547
植被覆盖度	2	2	1/2	1	0.2631

本研究把贵阳市地形高程分成 5 级并进行赋权(如表 5 所示)。

3.2.4. 承灾体易损性评估

承灾体易损性也称脆弱性，是定量描述承灾体潜在损失程度的概念。贵阳市是人口、经济的聚集区，灾害对其造成的影响比其他地区更为明显，因此选取人口密度(S1)、地均 GDP (S2)、耕地比重(S3)来评估。经层次分析法可以计算出承灾体易损性的 3 个指标的对应权重。经计算 $\lambda_{\max} = 3.02$ ， $CR < 0.1$ ，一致性检验通过，所得权重数值合理(如表 6)。贵阳市各区县人口密度、财政收入和土地利用等情况各不相

同，从而造成了不一样的承灾能力，一个地区经济越发达，人口越密集，耕地面积占比越大，灾害来临时受到的损失就越大。根据公式(6)计算承灾体易损性指数可以得出，其空间分布呈现普遍较低、局地较高的特点。只有贵阳市的白云区、花溪区属于承灾体较高易损性风险区，这些地区的人口集中、地均 GDP 和耕地面积比在全省来说都相对较高，遭受暴雨洪涝灾害时其受到的冲击和损害风险也较大，其余地区则相对均匀。

Table 5. Terrain elevation assignment table
表 5. 地形高程赋值表

地形高程/米	权重
一级($H \leq 752$)	0.5
二级($752 < H \leq 1086$)	0.6
三级($1086 < H \leq 1445$)	0.7
四级($1445 < H \leq 1889$)	0.8
五级($1889 < H$)	0.9

Table 6. Judgment matrix and consistency test of the index layer of disaster-bearing bodies
表 6. 承灾体指标层权重判断矩阵及一致性检验

承灾体易损性指标	人口密度	地均 GDP	耕地面积比	权重值
人口密度	1	3	4	0.6232
地均 GDP	1/3	1	2	0.2395
耕地面积比	1/4	1/2	1	0.1373

3.2.5. 防灾减灾能力评估

防灾减灾能力是指承灾体的灾前准备能力、灾中应急能力和灾后恢复能力，由于数据获取的局限性，选取人均 GDP (V1)和人均万人病床数(V2) 2 个指标。在评估区域防灾减灾效能时，本研究运用熵权法确定各指标的权重系数，其中地区经济发展水平(人均 GDP)与医疗资源配置(每万人床位数)的权重分配分别为 0.815 和 0.185。防灾减灾效能综合反映了社会系统与个体层面应对极端天气事件的能力：一方面，地方财政收入的提升有助于完善公共应急基础设施建设；另一方面，较高的人均 GDP 水平意味着居民具备更强的灾害风险应对能力，而充足的医疗床位配置则为灾后救援提供了重要保障，从而有效降低灾害造成的负面影响。贵阳市的防灾减灾效能呈现明显的空间分异特征。其中，中等及以上效能区域主要集中在贵阳市的核心区域，这主要得益于这些地区相对优越的经济发展水平和较为完善的医疗卫生服务体系，使其在面对暴雨洪涝等极端天气事件时展现出较强的综合应对能力。

3.2.6. 暴雨洪涝灾害综合风险评估

研究对灾害风险评估体系中的四个核心指标——致灾因子危险性、孕灾环境敏感性、承灾体脆弱性以及防灾减灾效能进行权重分配。通过构建判断矩阵并进行一致性检验，得出各指标的权重系数(如表 7)。计算结果显示，最大特征值($\lambda_{\max}$)为 4.01，随机一致性比率(CR)为 0.0077，小于 0.1 的临界值，表明权重分配结果科学合理，可用于后续的危害风险评估工作。

根据公式(6)得到贵阳市暴雨洪涝灾害综合风险指数公式为：

$$MDRI = H \times 0.3845 + E \times 0.3845 + V \times 0.1432 + (1 - R) \times 0.0878$$

(7)

公式中，MDRI 为暴雨洪涝灾害综合风险指数， H 为致灾因子危险性指数， E 为孕灾环境敏感性指数， V 为承灾体脆弱性指数， R 为防灾减灾能力指数。按式(7)计算出暴雨洪涝灾害综合风险指数，可以得出，综合风险较高及以上的区域主要分布在贵阳市的清镇市和观山湖区，其他区域风险较低。

Table 7. Criterion layer index weight judgment matrix and consistency test
表 7. 准则层指标权重判断矩阵及一致性检验

准则层	致灾因子	孕灾环境	承灾体	防灾减灾能力	权重值
致灾因子	1	1	3	4	0.3845
孕灾环境	1	1	3	4	0.3845
承灾体	1/3	1/3	1	2	0.1432
防灾减灾能力	1/4	1/4	1/2	1	0.0878

4. 优化贵阳市洪涝灾害应急响应机制的对策建议

4.1. 强化政府部门在应急响应中的主导地位

构建一个统一、协调且信息高度共享的应急事件管理体系，已成为当前应急管理工作的一个重要发展趋势。从国内外应对各类突发事件的丰富经验中来看，有效的应急处置离不开多部门之间的紧密合作与协同应对，尤其是在决策层面的高效联动尤为重要，这一原则同样适用于气象灾害的应急处理。

贵阳市应建立一个兼具权威性、常态性和卓越协调能力的市级综合应急指挥中心，整合气象、水利、应急、交通、医疗等部门的资源，实现信息共享和高效联动。制定详细的应急预案，明确各部门在灾害监测、预警发布、应急响应和灾后恢复中的具体职责，确保各部门在灾害发生时能够各司其职、协同作战。简化灾害应急响应的决策流程，建立快速反应机制，确保在灾害发生时能够迅速启动应急预案，减少响应时间。整合贵阳市现有的气象监测站点、水文监测设备和应急物资储备，建立统一的应急资源管理平台，确保资源的高效调配和利用。

同时，贵阳市应加强多部门之间的协作，形成合力，共同应对洪涝灾害。在气象部门的指导下，农林、水利、卫生等多个部门联合建设应急避难场所，确保避难场所具备基本的医疗、食品和饮用水供应能力。建立应急物资储备体系，确保在灾害发生时能够及时调配物资，满足受灾群众的基本生活需求。与周边城市建立应急协作机制，实现资源共享和优势互补，共同应对跨区域的洪涝灾害。

4.2. 构建智能应急响应体系

贵阳市作为山地城市，地形复杂，降水集中，洪涝灾害频发，对城市基础设施、经济活动和居民生活构成严重威胁。传统的应急响应模式在灾害监测、预警发布和资源调配等方面存在明显的局限性，难以满足快速响应和精准决策的需求。随着大数据、人工智能、物联网等现代信息技术的快速发展，构建智能应急响应体系已成为提升贵阳市洪涝灾害管理能力的重要方向。智能应急响应通过整合多源数据、优化监测网络和提升决策效率，能够显著增强贵阳市应对洪涝灾害的能力，为城市的可持续发展提供坚实保障。

智能应急响应体系的核心在于通过现代信息技术实现灾害监测、预警发布和应急响应的智能化。贵阳市应充分利用现有的气象监测站点、水文监测设备和地理信息系统(GIS)，构建一个高度集成的智能监

测网络。通过在河流、水库、易涝区域和关键交通节点安装实时监测设备,能够实时获取降雨量、水位变化、土壤湿度等关键数据,并通过物联网技术将数据传输到统一的应急管理平台。该平台利用大数据分析和人工智能算法,对监测数据进行实时处理和动态分析,生成精准的灾害风险评估和预警信息。此外,贵阳市应建立一个智能化的应急指挥系统,实现多部门之间的信息共享和协同联动。通过整合气象、水利、交通、医疗等部门的数据资源,构建贵阳市气象灾害应急管理大数据平台,确保信息的实时共享和动态更新。该平台不仅可以实现灾害信息的快速传递,还能通过智能算法优化应急资源的调配,确保在灾害发生时能够迅速启动应急预案,减少响应时间,提高应急响应的效率和准确性。

5. 结论与展望

5.1. 研究结论

第一,贵阳市洪涝灾害风险评估的复杂性需采取多维度的评估方法。结合定量评估(如基于历史降雨数据和地形地貌的数学模型)与定性评估(如专家判断和地方知识),能够更全面地识别洪涝灾害的高风险区域,并量化其潜在影响。这种综合性的风险评估体系为贵阳市防洪减灾工作提供了坚实的科学依据。

第二,应急响应策略的优化设计是提升贵阳市应对洪涝灾害能力的关键。通过明确应急响应级别、简化决策流程、强化信息共享与协同作战,能够有效缩短响应时间,提高应急响应的效率和准确性。同时,注重资源调配与保障,建立健全应急物资储备体系和专业救援队伍,也是确保应急响应顺利实施的重要保障。

第三,科技支撑与智能化应用在未来贵阳市洪涝灾害应急响应中将发挥越来越重要的作用。大数据、人工智能、物联网等现代信息技术的引入,将极大地提升洪涝灾害预警、监测、评估及应急响应的智能化水平。通过智能预警系统、实时监测网络 and 数据分析平台的建设,贵阳市将能够更快速地响应洪涝灾害,更有效地保护人民生命财产安全。

5.2. 未来展望

展望未来,一方面,随着全球气候变化和城市化的加速推进,洪涝灾害的风险将进一步加剧,对贵阳市的防洪减灾工作提出更高要求。因此,需要不断加强风险评估方法的创新和完善,提高评估的准确性和时效性;另一方面,科技支撑与智能化应用将成为推动贵阳市洪涝灾害应急响应体系创新发展的重要动力。之后应积极探索新技术、新方法在洪涝灾害预警、监测、评估及应急响应中的应用,推动应急响应体系的智能化升级。

参考文献

- [1] 王玫珏,贾静渐,何孟洁. 为人民守好“第一道防线”——改革开放40年气象防灾减灾工作综述[N]. 中国气象报, 2018-12-25(001).
- [2] 顾天红. 基于风险评估的贵州省气象灾害预警机制研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学, 2023.
- [3] 赵阿兴,马宗晋. 自然灾害损失评估指标体系的研究[J]. 自然灾害学报, 1993(3): 1-7.
- [4] 何珮婷,刘丹媛,卢思言,等. 基于最大熵模型的深圳市内涝影响因素分析及内涝风险评估[J]. 地理科学进展, 2022, 41(10): 1868-1881.
- [5] 姜仁贵,王小杰,解建仓,等. 城市内涝应急预案管理研究与应用[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 146-150.
- [6] 邓雪,李家铭,曾浩健,等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识, 2012, 42(7): 93-100.
- [7] 张成福. 公共危机管理: 全面整合的模式与中国的战略选择[J]. 中国行政管理, 2003(7): 6-11.
- [8] 吴兴军. 公共危机管理的基本特征与机制构建[J]. 华东经济管理, 2004(3): 53-55.

-
- [9] 罗伯特·希斯. 危机管理[M]. 王成, 宋炳辉, 金琪, 译. 北京: 中信出版社, 2001: 18-19.
- [10] 尹占娥. 自然灾害风险理论与方法研究[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2012, 41(1): 99-103+111.
- [11] 卢兴超, 徐宗学, 李永坤, 等. 基于多智能体模型的城市洪涝灾害动态风险评估[J]. 水资源保护, 2024, 40(4): 36-47.
- [12] 郑德凤, 高敏, 李钰, 等. 基于 GIS 的大连市暴雨洪涝灾害综合风险评估[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2022, 50(3): 1-8+22.
- [13] Calabrese, A., Costa, R. and Menichini, T. (2013) Using Fuzzy AHP to Manage Intellectual Capital Assets: An Application to the ICT Service Industry. *Expert Systems with Applications*, **40**, 3747-3755.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.081>
- [14] 谢捷, 刘玮, 徐月顺, 等. 基于 AHP-熵权法的西宁地区汛期暴雨灾害风险评估[J]. 自然灾害学报, 2022, 31(3): 60-74.
- [15] 胡颖, 殷娴, 陈剑桥, 等. 基于 GIS 的云南省 1 km 精细化暴雨灾害风险评估[J]. 气象科技, 2022, 50(5): 742-750.