Research Situation and Hotspots of Rainstorm Disaster Risk During Recent 20 Years

Jia Lu, Zhihai Shang*, Kaiwen Zheng, Qijing Hu, Zhenming Zhang

School of Geographical Sciences， Lingnan Normal University
**Corresponding author. Email: shangzhihai@126.com*

ABSTRACT
Based on the data of CNKI database from 2000 to 2023, Citespace visualization tool was used to analyze the status quo and hot spots of rainstorm disaster risk research in China from five aspects: the number of published documents, domestic institutional cooperation, theme evolution, keyword co-occurrence and clustering, and keyword mutation. The results show that: (1) The number of publications on rainstorm disaster risk has shown an increasing trend in the past two decades; (2) The research of the publishing institutions in China is mainly conducted by universities, with Nanjing University of Information Science and Technology being the most, while most publishing institutions conduct independent research with little cooperation; (3) The development of rainstorm disaster risk research presents three stages. Current research fields focus on disaster risk assessment, disaster emergency management and urban disaster resilience. Urban waterlogging disaster risk assessment under climate change has become a research hotspot.

Keywords: *Rainstorm Disaster, CiteSpace, Risk Assessment.*

近二十年来中国暴雨灾害风险研究现状与热点分析

卢佳，尚志海*，郑开文，胡琪婧，张振铭

岭南师范学院地理科学学院
** 通讯作者. 电子邮箱：shangzhihai@126.com*

摘要
基于 CNKI 数据库 2000—2023 年数据，运用 Citespace 可视化工具，从发文数量、国内机构合作、主题演化、关键词共现与聚类、关键词突变等五个方面分析中国暴雨灾害风险研究现状与热点。结果表明：（1）近二十年来暴雨灾害风险研究发文量呈现增长趋势；（2）国内发文机构研究主要是高校，以南京信息工程大学最多，发文机构大多独立研究且合作少；（3）暴雨灾害风险研究发展呈现为三个阶段，当前研究领域集中在灾害风险评估、灾害应急管理、城市灾害韧性三个方面，气候变化下的城市内涝灾害风险评估成为研究热点。

关键词： *暴雨灾害, CiteSpace, 风险评估.*

1. 引言

随着全球气候变化和城市化进程加快，灾害风险研究成为热点之一[1]，特别是随着极端事件增加，暴雨灾害风险研究日益增多[2-4]。王秀荣等建立暴雨灾害综合风险评估模型[5]，王娜等基于水动力模型 FloodArea，建立暴雨洪涝灾害风险预评估模型，探

© The Author(s) 2025
S. Qiao et al. (eds.), *Proceedings of the 11th Annual Meeting of Risk Analysis Council of China Association for Disaster Prevention (RAC 2024)*, Advances in Economics, Business and Management Research 367,
https://doi.org/10.2991/978-94-6463-946-9_3

讨 GIS 技术与水文模型的融合[6]。此外，暴雨灾害风险区划研究也一直受到学者们广泛关注[7]。

近年来，韧性城市成为研究热点，学者们普遍认为城市韧性与暴雨灾害之间的关联尤为紧密[8]。在城市韧性评估上，陈长坤等从抵抗力、恢复力和适应力 3 大属性出发，建立了城市暴雨灾害韧性评估指标体系[11]，李正兆等提出了一套包括 41 个基础指标的韧性城市评估指标体系。在城市韧性建设上，闫绪娴等提出了应该从灾前预防、灾中抵御、灾后恢复三个维度加强城市韧性的措施[10]。

虽然国内暴雨灾害风险与城市韧性评估研究取得了不少成果，但是借助 CiteSpace 可视化工具分析暴雨灾害风险研究进展及其整体分析的文献相对较少。本文厘清近二十年来中国暴雨灾害风险研究的发展过程、发文机构、关键词特征、研究热点与发展趋势，力图勾勒出暴雨灾害风险研究的整体框架与发展脉络，以期为暴雨灾害风险深入研究提供参考。

2. 研究方法

CiteSpace 是一种知识可视化工具，对研究主题的过程、特点以及趋势具有很好的分析功能，受到了国内学者大量关注和使用[10]。本文以中国知网（CNKI）为数据源，采用高级检索方式，以“暴雨”、“灾害”以及“风险”为主题词，两个词语之间选用“或含”的关系，数据检索限定为 2000-2023 年的文献，并剔除非学术性文献，如新闻报道、杂谈等，以及与暴雨无明显相关的文章，最后得到有效样本文献共 1915 篇。

CiteSpace 数据处理的具体步骤是：在 CiteSpace 中新建项目，将其时间跨度(Time Slicing)限制在 2000 年 01 月 01 日至 2023 年 12 月 31 日，设置时间切片(Years Per Slice)、阈值(Selection Criteria)和剪枝算法(Pruning)。在节点类型(Node Types)中依次选择作者(Auto)、机构(Institution)和关键词(Keyword)，使用 LLR 算法自动提取关键词标签，生成一系列可视化图谱，并利用轮廓值(Silhouette value)分析研究机构合作网络。最后，对数据进行可视化分析，解读图谱。

3. 结果分析

3.1 发文数量及其时间演变

由发文数量统计图（图 1）可知，近二十年来中国暴雨灾害风险研究发文数量整体呈现上升趋势，期间虽有波动，但总体趋势不变，大致分为三个阶段：（1）2000-2008 年，年均发文量不足 20 篇，暴雨灾害风险研究呈现平稳上升趋势。（2）2009-2018 年，暴雨灾害风险研究发文数量在波动中上升，期间 2009-2011 年和 2012-2014 年间发文数量呈现快速增长态势，并在 2014 年后的 4 年内保持稳定。（3）2019-2023 年，2019 年发文数量迎来最大波动，与 2018 年相比下降较大，但之后又快速上升，上升幅度比前两次上升大且持续时间长，并于 2022 年达到峰值，可能是由于 2021 年“7·20”郑州特大暴雨事件的影响。2023 年暴雨灾害风险发文数量略有下降，但是与之前相比，依然维持在高水平上。2020 年以来，暴雨灾害风险研究受到持续关注，主要是与近 4 年来暴雨及洪涝灾害频发密切相关，例如，2020 年主汛期南方地区遭遇 1998 年以来最重汛情，近 3 年来河南、山西、湖北、陕西、广东、广西、河北、北京、江西、福建等多地发生损失严重的暴雨洪涝灾害。

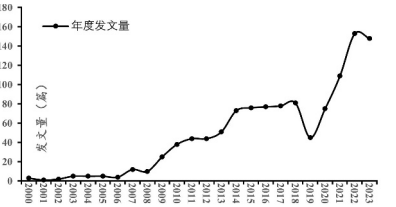

图 1 2000-2023 年暴雨灾害风险发文数量

3.2 发文机构分布与合作

通过选取节点 Institution，对发文频次 3 次以上的机构进行共现分析，可得到研究机构合作图谱（图 2）。图谱节点代表了研究机构发文数量，而节点大小反映了发文数量的多少。该图谱中节点 N=461、E=210。由图 2 可知，研究机构发文频次最高的是南京信息工程大学，主要从气象气候角度研究暴雨洪涝灾害，这与南京信息工程大学作为中国气象学领域顶尖学府的地位相符；其次是天津大学和中国水利水电科学研究院，它们主要是从水文水利方面研究暴雨灾害；另有上海师范大学、长安大学、华南理工大学、华东师范大学、安徽省气候中心、兰州大学、武汉区域气候中心、陕西师范大学、中国地质大学、水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心等发文较多。总结发现，暴雨灾害风险研究机构主要集中于长江流域及其以北地区，其中高校是研究主力。

图 2 节点之间连线代表了合作关系，连线粗细代表合作强度。通过分析发文机构合作网络可知，大部分机构是独立发文，部分存在地域联系的机构会形成合作关系，不过多为政府气象部门与科研机构的合作，如：“海南省气象科学研究所—南海气象防灾减灾重点实验室—海南省气候中心”、“上海海事大学海洋环境与生态模拟研究中心—上海市城市建设设计研究总院—上海海事大学海洋科学与工程学院”、“深圳市国家气候观象台—深圳南方强天气研究重点实验室”、“国网浙江省电力公司台州供电公司是—杭州辰青和业有限公司—浙江省气象台”。此外，跨区域的发文机构以高校为主力构成了多个网络，高校、科研机构、政府部门组合发文量最多。

总之，暴雨灾害风险研究大多以独立机构形式出现，彼此之间合作较少，难以形成良好的关系网，不

利于研究力量的聚集和发展。因此，各发文机构之间需要加大跨区域、跨学科的合作力度，以便后续开展更广范围、更深层次的暴雨灾害风险研究。

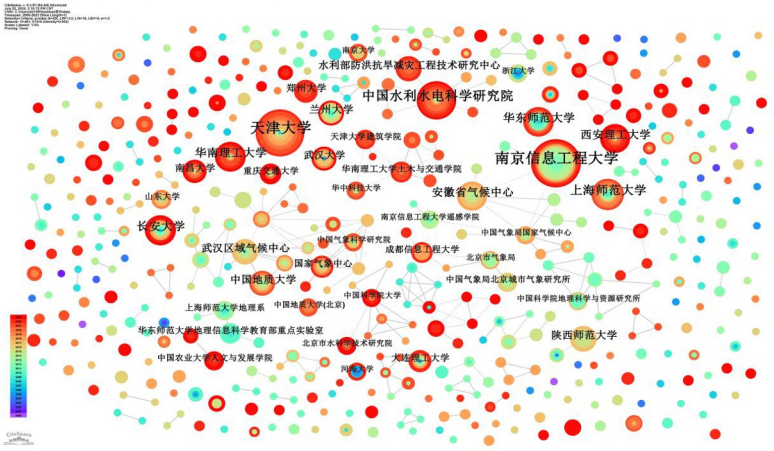

图 2 暴雨灾害风险研究机构合作图谱

3.3 关键词分析

3.3.1 分析过程

借助 CiteSpace 构建关键词共现网络，以可视化形式让研究者简单高效地识别出暴雨灾害风险的主要研究方向及分支领域。高频关键词和热点聚类代表了当前领域的热点话题和前沿方向，为研究者选题提供启示与指导，促进学术交流合作。

设置 CiteSpace 的节点类型为“term”、“keyword”，时间切片为 2000 年 01 月 01 日至 2023 年 12 月 31 日，获得关键词共现图谱(图 3a)。运用 LLR 对数似然算法为每个聚类进行标签命名，其内容一般从关键词中提取，如聚类视图（图 3b）所示。本聚类视图（图 3b）中的 Q 值为 0.8649，平均 S 值为 0.9577。当 Q＞0.3 就意味着所划分的网络社团结构是显著的。S 值是用来衡量聚类内部同质性，S 值越接近 1，网络的同质性越高。通过评估 Q 值与 S 值，可以认为本聚类图谱可信度较强，具备较高参考价值。

3.3.2 分析结果

（1）关键词频次

暴雨灾害风险研究关键词共涉及 573 个（N=573），线段共有 742 条（E=742），线段代表的是关键词之间的联系，密度为 0.0045（Density=0.0045），其中“风险评估”、“风险区划”、“气象灾害”、“暴雨”、“暴雨洪涝”、“城市内涝”、“洪涝灾害”等关键主题出现的频次较高，频次分别为 292、150、119、106、105、104 和 101。由图 3a 可知，带有紫红色外圈且中心性大于 0.1 的关键词共有 23 个，均为暴雨灾害风险领域的重点词汇，包括“风险评估”、“暴雨洪涝”、“地质灾害”、“城市化”等，其中心性分别为 0.33、0.31、0.22、0.22（表 1）。其中，风险评估、暴雨洪涝的外圈颜色较深，光圈较粗，是近年来暴雨灾害风险的研究热点。

表 1 高中心性一览表

中心性	关键词首次出现年份	关键词
0.33	2000	风险评估
0.31	2010	暴雨洪涝
0.22	2004	城市化
0.22	2003	地质灾害
0.19	2011	预警
0.19	2010	灾害风险
0.19	2012	动态评估
0.18	2007	风险
0.18	2009	洪涝灾害
0.18	2010	区划
0.17	2007	风险评价

（2）关键词聚类

通过查找聚类，笔者将关键词划分为 11 个主要类别，见图 3b。图中字体颜色的深度和大小表示该关键词的级别。另外，本文将风险评估、风险区划、气象灾害定义为一级高频词；暴雨、暴雨洪涝、城市内涝和洪涝灾害定义为二级高频词，其余为三级及以下高频词。

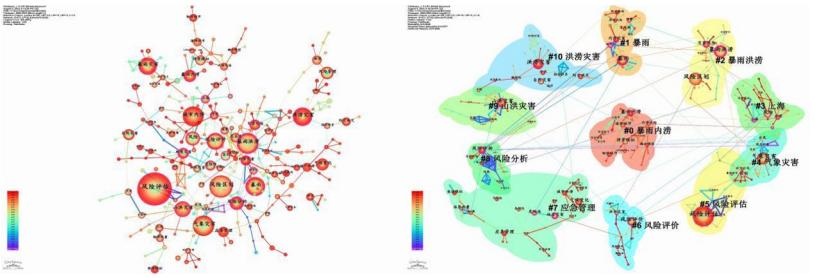

图 3 暴雨灾害风险研究关键词分析. a) 共现图谱; b) 聚类视图

聚类 1(#0)囊括了 38 个关键词：暴雨内涝、海绵城市、情景模拟、韧性城市等，该类别是针对城市中心城区，通过情景模拟，开展城市暴雨内涝脆弱性评估。如陈昱宏以高度城市化的广州长湴地区为例，通过雨洪模型初步建立了高度城市化地区小空间尺度内涝风险评估及规避的技术方法体系[16]。聚类 2(#1)囊括了 35 个关键词：暴雨、城市化、内涝灾害、洪涝风险等，该类别主要是统计分析各区域近年来暴雨的时空分布特征和强度特征，构建暴雨情景演化全流程。如冯玉对辽宁省各暴雨要素（暴雨量、暴雨日数、暴雨强度及暴雨贡献率）进行时空特征分析，结合农业灾损数据对多个暴雨要素联合概率和重现期特征进行分析，协助政府有关部门制定防灾减灾政策[17]。

聚类 3(#2)和聚类 4(#3)均包含 34 个关键词，聚类 3 的关键词是：暴雨洪涝、风险区划、灾害风险等，该类别主要借助 GIS 技术，对区域暴雨洪涝进行定量分析。如赵志楠等利用 GIS 技术，从致灾因子的危险等级、孕灾环境、承灾体、防灾减灾能力 4 个方面对邢台市暴雨洪涝进行定量分析，得到了暴雨洪涝风险区划图[18]。聚类 4(#3)的关键词是：风险、内涝、风险感知等，该类别主要针对各灾种进行综合风险分析，构建突发自然灾害事件多主体风险信息感知全过程模型。如褚万年等基于保护动机理论，以极端暴雨和洪水为代表，结合新疆公众的问卷调查数据研究发现，公众对气候变化的认知通过风险认知中介过程间接影响其保护行为意愿[19]。

聚类 5(#4)包含 33 个关键词：气象灾害、农业、台风、信息扩散等，该类别主要针对各地区气象灾害进行分布调查，推动气象灾害评估工作。如何剑等以四川地区的主要气象灾害为例，研究了该地区干旱、冰雹、暴雨等灾害的分布、形成机制等，应用模糊数学的方法对干旱、冰雹、暴雨三种灾害分别进行了灾害强度的风险评估，并结合承灾敏感度分别进行了风险区划[20]。聚类 6(#5)包含 31 个关键词：风险评估、区划、时空分布、暴雨洪水等，该类别围绕“风险评估”这个中心关键词，提出了多个尺度的台风暴雨灾害风险评估方法。如叶金玉从大、中、小三级尺度开展基于 GIS 和多维矩阵的台风灾害链综合风险评估模型的方法与实证研究，使风险评估结果的表达具有灵活性及多样化特点，为个性化减灾预案的定制提供针对性强的决策支持[21]。

聚类 7(#6)和聚类 8(#7)均包含 30 个关键词，聚类 7 的关键词是：风险评价、洪水灾害、随机森林、熵权法等，该类别主要围绕气象灾害、地质灾害构建风险评价指标体系。如林霞通过讨论辽宁省暴雨、干旱、大风、冰雹等主要气象灾害的时空分布规律及其形成，将多个社会—经济指标转化为更有代表性的综合指标，借助加权平均模型得到各地综合气象灾害风险级别[22]。聚类 8 的关键词是：气候变化、城市洪涝、应急管理、地质灾害等，该类别主要阐述了我国目前城市气象灾害应急管理体系的基本现状，总结城市应急管理工作的经验教训，并提出相关建议。如李志针对成都市“8 • 20”洪涝灾害应急管理全过程进行全面剖析，发现洪涝灾害应急管理中存在诸多问题，根据我国灾害管理“一案三制”的原则，从多方面提出科学可靠的建议对策[23]。

聚类 9(#8)包含 28 个关键词：风险分析、复杂网络、极端降雨、对策等，该研究聚类较小， 主要围绕气象灾害诱发的城市内涝、水稻生产、单体滑坡等问题进行风险定量评估，并提出相关措施。如周延等对武汉市某典型区域进行内涝灾害风险分析，发现通过在研究区布设 LID 措施可以明显降低区域内的内涝灾害风险，但 LID 措施对不同强度降雨条件下内涝风险的削减效果有一定差异[24]。

聚类 10 (#9)包含 28 个关键词：山洪灾害、灾害、小流域、预警指标等，该类别围绕小流域山洪灾害进行多方面研究，包括建立风险评估模型，更新预警指标风险体系等。如孙璟等以江西省遂川县堆子前流域为研究区域，在研究山洪灾害临界雨量值和流域山洪灾害风险评估的基础上，提出了小流域山洪灾害的预警预报方法[25]。聚类 11(#10)包含 25 个关键词：洪涝灾害、防灾减灾、指标体系、洪水等，该类别以洪涝灾害为主体，对其进行风险分析、风险区划与风险评估等研究，探讨防御洪涝灾害的措施。如姜启笃分析了长江流域洪涝灾害特征及历年洪涝灾情情况，发现在防灾减灾能力方面，天门、潜江、仙桃水平较高，而十堰、宜昌等地区防灾减灾能力较低，而从风险评

估结果来看，湖北省神农架等地洪涝灾害风险指数高，亟需开展防灾减灾工作[26]。

另外，图 3b 中，聚类节点的位置体现了该关键词有关研究和其他研究的交叉结构， 诸如第五类气象灾害与第六类风险评估相交叉，说明这两个类别相互影响，有极大的合作研究可能性；第八类应急管理和第九类风险分析相交叉，说明二者的研究存在一定的内部逻辑性；第六类风险评估和第七类风险评价之间距离较远，说明其交叉甚少，存在潜在的创新或跨学科机会。

（3）突变词分析

突变词是指在某一领域研究中，某一时段突然显著增加引用次数或被引次数的关键词或专业术语[27]。本文利用 22 个研究主题绘制了关键词突变图（图 4）。红色线条代表该关键词突变所发生的时间区间；Begin 和 End 代表突变发生的起始时间和结束时间；Strength 代表该关键词突变的强度，强度越高，关键词在该研究领域相应的时间区间内影响就越大。

由图 4 可知，排名前 15 位的突现关键词中突现热度持续至 2023 年的有城市洪涝、应急管理、极端降雨以及韧性城市，突变强度分别为 6.86、5.01、3.57、3.27。另外，暴雨洪涝的突变强度高达 12.88，可能是一个转折点，需要引起注意。受到全球气候变化的影响，近年来暴雨灾害风险研究主题侧重在韧性城市、城市洪涝、极端降雨、耦合模型和应急管理这五个方面。

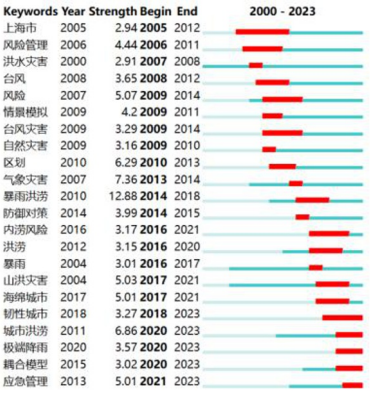

图 4 主要关键词突变图

4. 结论与展望

本文基于 Citespace 文献计量方法，对近二十年来中国暴雨灾害风险研究文献进行了全面梳理，以期揭示国内该领域的研究现状与趋势，主要结论有以下四点：

（1）随着城市化进程加快和全球气候变化，近二十年来暴雨灾害风险研究发文量总体呈现从缓慢增长到快速增长的趋势，研究主题演化从强调治理到风险评估，从个别对象到系统建设，从动态预警到模型研究。（2）南京信息工程大学发文量最大，但是国内研究机构大多独立地进行暴雨灾害研究，合作网密度低且跨区域跨学科合作力度有待加强。（3）近二十年来暴雨灾害风险研究共经历了三个阶段，研究主题存在交叉融合的现象，研究重点随着典型灾害事件与政策导向发生变化。（4）当前热点集中在灾害风险评估、灾害应急管理、城市灾害韧性三个方面，气候变化下的城市内涝成为暴雨灾害风险研究的主要对象。

近年来，中国极端暴雨灾害事件频发。尤其是 2020 年以来，几乎年年都有特大暴雨灾害事件发生。在这种背景下，加强暴雨灾害风险研究刻不容缓，今后的研究重点是：（1）加强多元交叉研究。目前暴雨灾害研究主题虽然体现了多元化特点，但在跨学科交叉研究力度和预期效果仍不甚理想，这从发文量与机构合作中可窥见一二。今后应加强国内学术机构间的交流与合作，促进暴雨灾害风险的交叉研究。（2）继续拓宽研究领域。除了高度重视当前的研究热点，如城市韧性、风险评估、应急管理外，还应该重视风险感知研究。（3）改善数据挖掘技术。暴雨灾害风险研究未来可借助互联网大数据的技术支持与相关理论模型，针对城市韧性、风险评估与风险感知等进行多元数据的融合，以推动暴雨灾害风险研究的发展，并为灾害应急管理工作提供科学的数据与决策依据。

致谢

本文受到湛江市哲学社会科学规划项目（ZJ23YB23）、2024 年广东省科技创新战略专项资金（大学生科技创新培育）资助项目（pdjh2024b246）和岭南师范学院大学生创新创业训练计划项目（S202410579024）的资助。

参考文献

[1]. 张海凤, 孔锋, 方建. 超常规极端暴雨洪涝灾害应对的国际比较研究: 以 2021 年中美德暴雨洪涝灾害为例[J].水利水电技术, 2023, 54(7): 1-13.
Zhang, H. F., Kong, F., Fang, J., International comparative study on coping with flood-waterlogging disaster from extraordinary rainstorm: Taking rainstorm flood-waterlogging disasters in China, America and Germany in 2021 as study cases. Water Resources and Hydropower Engineering, 2023, 54(7): 1-13.

[2]. 谢捷, 刘玮, 徐月顺, 雷春苗. 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.

Xie, J., Liu, W., Xu, Y. S., Lei, C. M., Rainstorm disaster risk assessment in Xining area in rainy season based on the AHP weight method and entropy weight method. Journal of Natural Disasters, 2022, 31(3): 60-74.

[3]. 孙素琴, 吴静, 唐春燕, 熊立, 朱星球. 基于智能网格预报的江西暴雨灾害风险预评估研究[J]. 灾害学, 2024, 39(1):37-44.
Sun, S. Q., Wu, J., Tang, C. Y., Xiong, L., Zhu, X. Q., Research on risk pre-assessment of rainstorm disasters based on intelligent grid forecasting in Jiangxi province. Journal of Catastrophology, 2024, 39(1): 37-44.

[4]. 黎孟琦, 李功权, 谢志辉.整合多源遥感数据的洪涝灾害评估恢复——以河南“7·20” 暴雨灾害为例[J]. 自然资源遥感, 2024, 36(1): 250-266.
Li, M. Q., Li, G. Q., Xie, Z. H., Post-flood recovery assessment based on multi-source remote sensing data: A case study of the " 7· 20" rainstorm in Henan. Remote Sensing for Natural Resources, 2024, 36(1): 250-266.

[5]. 王秀荣, 吕终亮, 王莉萍, 蒋卫国, 马国斌.一种简化的暴雨灾害风险及影响评估方法和应用研究——以京津冀“7·21”暴雨事件为例[J].气象, 2016, 42(2):213-220.
Wang, X. R., Lü, Z. L., Wang, L. P., Jiang, W. G., Ma, G. B., Simplified assessment method and application research of rainstorm disaster risk and impact: Using Jing-jin-ji " 7· 21" heavy rain as an Example. Meteorological Monthly, 2016, 42(2): 213-220.

[6]. 王娜, 雷田旺, 肖舜, 雷杨娜, 毛明策. 基于 FloodArea 模型的暴雨洪涝灾害风险预评估技术及效果检验[J]. 中国沙漠, 2022, 42(6):25-32.
Wang, N., Lei, T. W., Xiao, S., Lei, Y. N., Mao, M., Pre-assessment and verification of rainstorm and flood disasters risk based on FloodArea model. Journal of Desert Research, 2022, 42(6): 25-32.

[7]. 王洁, 张中杰, 曲晓黎, 张娣, 张金满. 基于层次分析法的朔黄铁路暴雨灾害风险评估[J].气象科技, 2022, 50(6):870-877.
Wang, J., Zhang, Z. J., Qu, X. L., Zhang, D., Zhang, J. M., Risk Zoning of rainstorm disaster along Shuohuang Railway based on Meteorological Geography Method. Meteorological Science and Technology, 2022, 50(6): 870-877.

[8]. 石龙宇, 郑巧雅, 杨萌, 刘玲玉. 城市韧性概念、影响因素及其评估研究进展[J].生态学报, 2022, 42(14): 6016-6029.
Shi, L. Y., Zheng, Q. Y., Yang, M., Liu, L. Y., A review of definitions, influence factors and assessment of urban resilience. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(14): 6016-6029.

[9]. 薄景山, 王玉婷, 薄涛, 陈亚男.韧性城市的研究进展和韧性城乡建设的建议[J].世界地震工程, 2022, 38(3): 90-100.
Bo, J. S., Wang, Y. T., Bo, T., Chen, Y. N., Research progress of resilient city and suggestions for resilient urban and rural construction. World Earthquake Engineering, 2022, 38(3): 90-100.

[10].陈长坤, 陈以琴, 施波, 徐童.雨洪灾害情境下城市韧性评估模型[J].中国安全科学学报, 2018, 28(4): 1-6.
Chen, C. K., Chen, Y. Q., Shi, B., Xu, T., An model for evaluating urban resilience to rainstorm flood disasters. China Safety Science Journal, 2024, 28(4): 1-6.

[11].李正兆, 傅大放, 王君娴, 闵克东, 张骏彧. 应对内涝灾害的城市韧性评估模型及应用[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2022, 62(2): 266-276.
Li, Z. Z., Fu, D. F., Wang, J. X., Min, K. D., Zhang, J. Y., Urban resilience assessment model for waterlogging disasters and its application. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 2022, *62*(2): 266-276.

[12].闫绪娴, 王俊丽, 范玲, 李文超. 韧性城市视角下地铁洪涝灾害风险分析——基于 Bow-Tie—贝叶斯网络模型[J]. 灾害学, 2022, 37(2): 36-43.
Yan, X. X., Wang, J. L., Fan, L., Li, W. C., Research on subway flood disaster from the perspective of resilient city—Based on Bow-Tie-Bayesian network model. Journal of Catastrophology, 2022,37(2): 36-43.

[13].陈悦, 陈超美, 刘则渊, 胡志刚, 王贤文. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
Chen, Y., Chen, C. M., Liu, Z. Y., Hu, Z. G., Wang, X. W., The methodology function of Cite Space mapping knowledge domains. Studies in Science of Science,2015,33(2): 242-253.

[14].Chen, C., CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. Journal of the American Society for information Science and Technology, 2006, 57(3): 359-377.

[15].李康, 曹守敏, 范跃进.近三十年我国高校科技评价研究现状、进展与热点分析——基于 CiteSpace 的可视化分析[J].中国成人教育, 2020, (24): 7-13.
Li, K., Cao, S. M., Fan, Y. J., Research on the status, progress and hotspots of scientific and technological evaluation of universities in China in the past thirty years: A visual analysis

based on CiteSpace. China Adult Education, 2020, (24): 7-13.

[16].陈昱宏.高度城市化地区内涝风险评估[D].华南理工大学, 2021.
Chen, Y. H., Highly urbanised areas waterlogging risk assessment- ChangBan area in Guangzhou as an example. South China University of Technology ,2021.

[17].冯玉.辽宁省暴雨时空分布及重现期发生概率分析[D].辽宁师范大学, 2018.
Feng, Y., Temporal and spatial distribution of rainstorm and probability analysis of recurrence period in Liaoning Province. Liaoning Normal University, 2018.

[18].赵志楠, 孙晶, 张兆博.基于 GIS 技术的邢台市暴雨洪涝风险区划研究[J].安徽农业科学, 2021, 49(17):217-220.
Zhao, Z. N., Sun, J., Zhang, Z. B., Study on the risk zoning of rainstorm and flood in Xingtai City based on GIS technology. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2021, 49(17): 217–220

[19].褚万年, 张伟, 吴雪娇.公众对极端暴雨和洪水灾害的风险感知与保护行为关系研究——以新疆阿克苏地区为例[J].灾害学, 2022, 37(03):227-234.
Chu, W. N., Zhang, W., Wu, X. J., Relationship research between public risk perception on extreme precipitation and floods and protective behavior motivation————the Case of AKSU Region, Xinjiang. Journal of Catastrophology, 2022, 37(3): 227-234.

[20].何剑, 黎君, 周瑾.基于信息扩散的四川省气象灾害风险评估与区划[C]//中国气象学会气象灾害与服务委员会, 中国气象局预测减灾司, 国家气象中心, 中国气象局公共气象服务中心.第 26 届中国气象学会年会气象灾害与社会和谐分会场论文集.成都信息工程学院, 2009:15.
He, J., Li, J., Zhou, J. (2009). Meteorological disaster risk assessment and zoning in Sichuan Province based on information diffusion. Proceedings of the 26th Annual Meeting of the Chinese Meteorological Society—Session on Meteorological Disasters and Social Harmony (p.15). Chengdu University of Information Technology.

[21].叶金玉.基于多维矩阵的台风灾害链综合风险评估模型及其信息图谱表达[D].福建师范大学, 2015.
Ye, J. Y., Typhoon disaster chains integrated risk assessment model and information Tupu Based on Multi-dimensional Matrix. Fujian Normal University, 2015.

[22].林霞.辽宁省气象灾害风险评价[D].辽宁师范大学, 2009.
Lin, X., The Risk Assessment of Meteorological Disaster in Liaoning Province. Liaoning Normal University, 2009.

[23].李志.成都“8 •20”洪涝灾害的应急管理研究[D].西南交通大学, 2022.
Li, Z., Study On Emergency Management Of "8 • 20" Flood In Chengdu. Southwest Jiaotong University, 2022.

[24].周延, 佘敦先, 夏军.基于水文水动力模型的LID措施对城市内涝风险的影响研究[J].武汉大学学报(工学版), 2022, 55(11):1090-1101.
Zhou, Y., She, D. X., Xia, J., Study on the impact of LID practices on urban waterlogging risk based on hydro dynamic coupling model. Engineering Journal of Wuhan University, 2022, 55 (11): 1090-1101.

[25].孙璟.小流域山洪灾害预警预报研究[D].南昌工程学院, 2015.
Sun, J., Research on early-warning and forecasting system of small watershed mountain torrent disasters — Take Duiziqian Basin as an example. Nanchang Institute of Technology, 2015.

[26].姜启笃.长江流域洪涝灾害风险区划及保险保障对策研究[D].华中师范大学, 2023.
Jiang, Q. J., Study on flood disaster risk regionalization and insurance protection countermeasures in the Yangtze River Basin: A Case Study in Hubei province. Central China Normal University, 2023.

[27].李红满.国际翻译学研究热点与前沿的可视化分析[J].中国翻译, 2014, 35(2): 21-26.
Li, H. M., Visualization analysis of research hotspots and frontiers in international translation studies. Chinese Translators Journal, 2014, 35 (2): 21-26.

Open Access This chapter is licensed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), which permits any noncommercial use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license and indicate if changes were made.

The images or other third party material in this chapter are included in the chapter's Creative Commons license, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the chapter's Creative Commons license and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder.