

基于知识图谱的城市洪涝研究

颜显飞

重庆交通大学，重庆市，400074；

摘要：随着城市化进程的加速和气候变化的影响，城市洪涝灾害的发生频率和严重性不断增加。传统的灾害管理方法往往依赖于单一的数据源和静态模型，难以全面应对复杂的洪涝灾害情景。本研究提出基于知识图谱的城市洪涝灾害评估与应急响应模型，通过多源数据的整合和语义推理，旨在提升洪涝灾害的预测准确性和应急响应的效率。知识图谱技术能够集成气象、地理、历史灾害等多维数据，支持灾害发生模式的识别和灾后管理决策的优化。本文探讨了知识图谱在灾害监测、模拟、预警和响应等方面的应用，展示了其在城市洪涝灾害管理中的潜力，并指出了多源数据融合、实时更新和推理分析等方面的挑战与未来研究方向。

关键词：城市洪涝灾害；知识图谱；多源数据融合；灾害评估；应急响应

DOI：10.64216/3080-1508.26.02.029

1 引言

1.1 研究背景

城市洪涝灾害在全球范围内频繁发生，尤其在城市化进程加速和气候变化的背景下，灾害的频率和严重性不断增加。城市地区的 impervious surfaces（不透水表面）使得雨水排放受阻，导致洪涝灾害加剧。现有的洪涝评估方法，如 GIS 技术、支持向量机（SVM）等^[1]，虽然有效，但在灾后管理和实时响应中仍存在局限。因此，基于知识图谱的城市洪涝风险评估模型可以通过整合多维度的灾害数据，为决策提供更加精准、科学的支持，提升应对效率和准确性。

1.2 研究困境

随着城市化进程的加速和气候变化的影响，城市洪涝灾害的频发已成为全球各大城市面临的重要问题。传统的灾害管理方法常常依赖于单一的数据源和静态的模型，无法全面应对复杂的洪涝灾害情景。现有的洪涝风险评估模型在多灾害因素的交互作用、实时数据处理和决策支持方面存在明显不足，特别是在灾害预测、风险评估和应急响应的实时性和准确性方面^[2]。此外，尽管基于知识图谱的技术已逐渐被应用于城市灾害管理，但如何高效整合多维数据、构建适应性强的知识图谱，并在动态变化的城市环境中进行实时更新，依然是亟待解决的关键问题。因此，本研究旨在探索如何基于知识图谱构建一个动态、实时的城市洪涝灾害评估与应急响应模型，以提升城市洪涝灾害管理的智能化和精准化水平。

1.3 知识图谱的优势

知识图谱作为一种结构化的知识表示方式，具有多源信息整合、语义推理、实时更新等显著优势。在城市洪涝灾害管理中，知识图谱能够将气象数据、地理信息、历史灾害记录等多维数据整合，揭示不同灾害因素之间的复杂关系，从而提高灾害预测和风险评估的准确性。其支持语义推理和关联分析，可以帮助识别灾害各因素的相互作用，提升决策支持的智能化和精准性。此外，知识图谱具备动态适应性，可以实时更新，确保系统在面对快速变化的城市洪涝灾害时保持时效性和准确性。通过促进知识共享与协同，知识图谱能够增强不同领域专家之间的合作，提升灾害管理效率。综上所述，知识图谱为城市洪涝灾害的智能化管理提供了强有力的支持，显著提高了灾害预测、风险评估和应急响应的效率和精准度^[3]。

2 相关概念与理论基础 (Concepts & Foundations)

2.1 城市洪涝灾害管理体系

城市洪涝灾害管理体系通常由监测、模拟、预警和响应四个核心环节构成，形成相互支撑、动态反馈的闭环结构。首先，监测环节通过气象、水文、遥感及城市排水系统等多源数据的实时采集，为灾害识别和态势感知提供基础支撑；在此基础上，模拟环节利用水文、水动力及情景分析模型，对不同降雨、潮位和城市运行条件下的洪涝演化过程进行推演，为风险评估和决策提供科学依据。随后，预警环节将监测数据与模拟结果相结

合, 提前识别潜在风险并向政府部门和公众发布预警信息, 以提升防灾减灾的前瞻性和时效性。最后, 在响应环节中, 相关部门和社区依据预警信息和应急预案开展排水调度、人员疏散和应急救援等行动, 最大限度降低灾害损失^[4]。四个环节相互联动、不断迭代, 共同构成城市洪涝灾害综合管理的关键支撑框架。

2.2 知识图谱技术概览

知识图谱技术在灾害管理中的应用提供了一种创新的方式, 通过结构化地表示和处理多维信息, 提升灾害响应的效率和准确性。在城市洪涝灾害研究中, 知识图谱技术能够集成和关联不同来源的灾害数据, 包括气象数据、地理信息、历史灾害记录等, 帮助构建更加全面的灾害管理框架(见图一)。通过将不同的知识源转化为图谱结构, 能够清晰地展示灾害事件之间的关系, 支持决策者在紧急情况下快速获取相关信息^[5]。

知识图谱还能够通过语义推理和关联分析, 识别灾害发生的潜在模式, 并预测灾害的影响范围。例如, 结合实时监测数据, 知识图谱可以帮助预测洪水的蔓延趋势、受灾区域及其严重性, 从而实现精准的预警和高效的资源调配。随着技术的不断发展, 基于知识图谱的灾害信息提取和分析方法逐渐成熟, 特别是在处理社交媒体数据、实时灾害信息方面, 展现出强大的潜力。

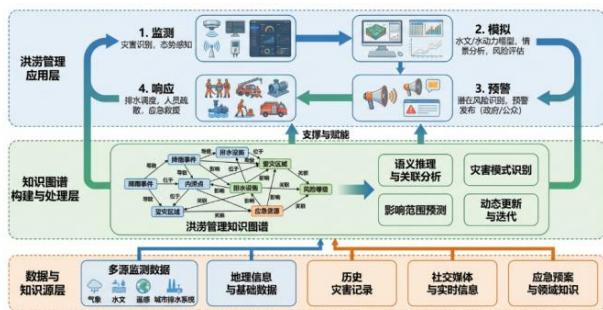


图 1. 基于知识图谱的洪涝管理体系

3 城市洪涝领域知识图谱的构建技术

3.1 领域本体构建

本体是对特定领域知识的形式化表达, 用以描述该领域内的概念及其相互关系。在构建城市洪涝灾害领域的知识图谱时, 领域本体的构建至关重要。在洪涝灾害管理领域, 本体的构建可以帮助系统地整理和表达与灾害相关的知识, 包括灾害类型、影响因素、应急响应措施等。构建过程中, 首先需要识别并定义领域内的核心概念, 例如“暴雨”、“河流溢洪”、“排水系统”等, 并明

确这些概念之间的层级和关系。接着, 通过专家访谈、文献分析等方式收集相关知识, 并利用本体建模工具(如OWL)进行形式化表达^[6]。此外, 本体还需要考虑灾害发生的不同阶段, 如预防、应急响应和灾后恢复, 并通过将这些知识结构化, 确保跨部门、跨学科的信息共享与协作, 从而提升应急响应的效率和精准性。

3.2 多源数据抽取与融合

在城市洪涝灾害领域的知识图谱构建中, 多源数据的抽取与融合是实现全面精准知识表示的关键。由于数据来源广泛且形式多样, 如气象数据、地理信息、历史灾害记录和社交媒体信息等, 如何有效整合这些异构数据成为一大挑战。首先, 通过文本挖掘和遥感影像分析等技术, 从不同数据源中提取有价值的知识。接着, 利用本体和图数据库技术将各类异构数据进行标准化和融合, 克服数据时空分辨率和格式差异。通过这种多源数据融合方法, 不仅提高了数据的利用率, 还为洪涝灾害的预警、风险评估和应急响应提供了精准的决策支持, 帮助识别灾害模式、预测灾害趋势, 并优化资源配置^[6]。

3.3 知识存储与更新

知识存储与更新技术在城市洪涝灾害的知识图谱中发挥着重要作用。为了有效管理洪涝相关知识, 需要建立高效的知识存储系统, 该系统不仅支持知识的生成、存储和检索, 还能实时更新已有的数据, 确保灾害应急响应时能够快速获取最新的关键信息。采用云计算和分布式数据库架构的知识存储系统, 能够实现跨部门和跨区域的数据共享, 提升协同工作效率。系统的动态更新机制确保了新产生的知识和数据能迅速融入知识库, 帮助决策者在洪涝灾害发生时作出迅速且准确的反应, 从而提高应急响应的效率^[7]。

4 基于知识图谱的推理与分析

4.1 知识推理

在城市洪涝灾害管理的知识图谱中, 推理与分析是知识应用的核心, 尤其是通过知识图谱(KG)进行知识推理、关联分析与归因的功能, 能够为城市管理者提供深度的决策支持。在推理方面, 知识图谱能够基于已存的关系和规则进行逻辑推断, 帮助预测潜在的灾害风险。例如, 系统可以利用历史数据、气象信息和地理分布等因素推导出可能发生的洪涝灾害类型和影响区域, 从而为应急响应提供依据。

4.2 关联分析与归因

在关联分析中，知识图谱通过关联不同类型的灾害数据，帮助揭示洪涝灾害发生的规律。例如，通过将气象数据与城市排水系统性能、历史洪水记录等因素进行关联分析，可以识别出不同变量之间的复杂关系，揭示哪些因素在特定环境下更可能引发灾害^[8]。这种分析可以帮助管理者优化灾害预测和资源配置。

在归因分析方面，知识图谱能够追溯和分析灾害发生的根本原因。例如，在多个因素的作用下，知识图谱可以帮助识别洪涝灾害发生的关键因素，如异常降水、排水系统不足或城市建设密度过高等，从而为灾后评估和风险管理提供深入的洞察。

图2是基于知识图谱的分析框架，通过这些推理与分析功能，知识图谱不仅提升了洪涝灾害管理的精准度，还增强了城市应对灾害的能力和响应效率。



图2. 知识图谱分析框架

5 挑战与展望

5.1 研究挑战

在基于知识图谱的城市洪涝灾害研究中，面临的主要挑战包括数据的整合与更新、推理与分析的精确性、以及知识图谱的实时适应性。首先，多源数据的抽取与融合需要面对数据格式、时空分辨率的差异性，如何高效地整合来自气象、地理、历史灾害记录和社交媒体等异构数据，成为知识图谱构建中的一大挑战。此外，知识图谱在灾害发生后的实时更新和动态适应性也需要解决，确保灾后管理和决策能够基于最新的知识进行。在推理与分析方面，如何提高灾害风险预测的准确性，识别复杂的灾害发生模式和影响因素，依赖于强大的语义推理和关联分析能力，这对知识图谱的构建和应用提出了较高要求。

5.2 未来展望

未来的研究方向应聚焦于优化知识图谱的实时更

新机制，并探索更加高效的多源数据融合方法，以提高城市洪涝灾害应急响应的灵活性和精准度。同时，随着人工智能和机器学习技术的不断发展，如何将这些技术与知识图谱结合，提升灾害预测和风险评估的智能化水平，也是未来研究的重要方向。最终，基于知识图谱的城市洪涝灾害管理系统应具备更强的跨学科协同能力和动态适应能力，推动城市灾害管理向智能化、精细化方向发展。

参考文献

- [1] Dorasamy, M., M. Raman, and M. Kaliannan, Knowledge management systems in support of disasters management: A two decade review. *Technological Forecasting and Social Change*, 2013. 80 (9): p. 1834–1853.
- [2] Oktari, R. S., et al., Knowledge management practices in disaster management: Systematic review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2020. 51.
- [3] Sørensen, J. and S. Mobini, Pluvial, urban flood mechanisms and characteristics – Assessment based on insurance claims. *Journal of Hydrology*, 2017. 555: p. 51–67.
- [4] Wu, Z., et al., Urban flood disaster risk evaluation based on ontology and Bayesian Network. *Journal of Hydrology*, 2020. 583.
- [5] 王浩, 杜伟, 刘家宏, 等., 基于知识图谱的城市洪涝灾害链推演及时空特性解析. *水科学进展*, 2024. 35(02): p. 185–196.
- [6] 么爽, 基于多源数据的城市多尺度洪涝灾害过程知识挖掘方法. *北京测绘*, 2025. 39(05): p. 759.
- [7] 杨宁, 刘钢, 黄晨, 等., 面向生态文明建设的城市韧性基础设施研究知识图谱与趋势分析. *资源与产业*, 2024. 26(06): p. 48–61.
- [8] 刘高峰, 李佳静, 王慧敏, 等., 城市暴雨洪涝灾害链辨识及系统性风险评估. *中国管理科学*, 2025. 33(07): p. 222–231.

作者简介：颜显飞（2000-），男，汉族，重庆市巫山县人，硕士研究生，研究方向：知识管理、城市应急管理。