

国外韧性城市规划中信息技术应用的理论与实践

朱洪宝

广州市城市规划勘测设计研究院

摘要：随着城市化进程的深入，城市长短期冲击和压力凸显，开展韧性城市规划已成为解决各类问题的重要手段。信息技术可通过提供实时可靠的数据支撑和科学高效的分析工具，提升韧性城市规划质效。国外在该领域已积累了丰富的理论与实践经验，我国相关研究尚有欠缺。首先，对国外韧性城市规划中信息技术应用的理论进行综述，分析韧性城市规划中信息技术的应用模式机理和框架。其次，对韧性城市规划中地理信息系统、遥感、智慧城市技术应用的典型案例进行了介绍。再次，分析了韧性城市规划中信息技术应用的新兴趋势。最后，对未来重点研究方向进行了展望。

关键词：韧性城市规划；信息技术；理论；实践；案例

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.21.038

一、引言

根据联合国人居署发布的《世界城市报告2022》，2021年全球城市人口比例已达56%，预计到2050将提升至68%，城市用地的不断扩张、人口数量和密度的不断增加，使得城市面临更多自然灾害、事故灾难、公共卫生事件等短期突发公共事件和污染物排放增加、温室效应加剧、极端天气频发等长期冲击和压力。在城市规划中引入韧性思维，开展韧性城市规划成为解决上述问题的重要手段。我国关于韧性城市规划的理论研究多集中于韧性城市规划与自然灾害防治、气候变化、社会公平的关系，韧性城市规划在应急响应和恢复中的应用等，少有关于韧性城市规划中信息技术应用的理论与实践研究。本文通过分析国外韧性城市规划中信息技术应用的理论和实践，以期对我国相关研究实践形成有益借鉴。

二、韧性城市规划中信息技术应用的理论研究

（一）韧性城市规划中信息技术的应用模式机理

韧性城市规划中广泛应用的信息技术包括地理信息系统（GIS）、遥感（RS）、智慧城市（SC）技术。这些技术为城市规划提供了及时准确的信息，促进利益相关者间的沟通合作，为科学高效的规划决策提供数据支持，从而关键地提高城市韧性。其应用模式机理主要包括以下几个方面：（1）利用在线平台、移动应用程序和社交媒体等基于Web GIS的技术工具，城市居民可以便捷分享自然灾害、事故灾难、公共卫生事件数据，提高数据收集和分析效率，促进更具参与性和包容性的规划过程。（2）利用GIS和RS技术进行数据收集和分析，规划者能够获取更准确、及时的土地利用变化和城市环境变化等地理空间数据，这些数据可用于灾害风险评估和管理，提高韧性城市规划策略的针对性和科学性^[1]。

（3）信息技术可利用机器学习和人工智能算法建模，预测城市增长模式，确定高风险区域并优化资源分配。

（4）利用区块链、物联网、云计算和传感器网络等技

术，政府机构能够实现快速跨部门和跨级别的信息共享，促进各类企业和非政府组织的协同合作，并确保数据的真实可靠性^[2]。

（二）韧性城市规划中信息技术应用的框架

目前以Caragliu、Mehrotra、Batty为代表的学者已提出了一些较为成熟的韧性城市规划中信息技术应用框架。首先是智慧城市框架，该框架主张利用智慧城市相关信息技术提升城市韧性、可持续性和竞争力^[3]，框架确定了6个关键领域，即智慧经济、智慧环境、智慧交通、智慧生活、智慧治理和智慧人，每个领域都涉及不同的信息技术应用，如电子商务、环境监测、智能交通系统、智能传感器、电子政务、教育培训等。其次是可持续城市系统（sustainable urban systems）框架，该框架强调在城市规划过程中整合韧性和可持续性两种目标，通过协调城市社会系统、生态系统和技术系统间的关系，使城市更好的适应和应对各种可能面临的冲击，框架提出自然系统、建筑系统、社会系统、经济系统、组织系统和治理系统6个关键组成部分^[4]。最后是适应性框架，它强调城市和社区系统对城市可能面临的各类冲击的提前预测，并通过规划和政策手段提升城市应对冲击的抵抗力、恢复力、适应力和转型发展能力，框确定了适应性框架的4个关键属性，即鲁棒性、冗余性、智慧性和敏捷性，每个属性都需要相应的信息技术作为支撑^[5]。

三、韧性城市规划中信息技术应用的典型案例

（一）地理信息系统在韧性城市规划中的应用——纽约灾害减缓计划

美国纽约市应急管理办公室（Office of Emergency Management）制定了灾害减缓计划（Hazard Mitigation Plan），以应对城市可能面临的沿海风暴和飓风、洪水、地震、火灾等自然灾害和流行病暴发、危险化学品泄漏、恐怖主义等突发公共事件，提升城市韧性^[6]。在此计划中，GIS系统被用于预测、评估和管理风险，对灾害减缓计划起到了关键作用。纽约市应急管理办公室利用GIS系统绘制灾害和风险分布地图（图1），分析其对基础设施、交通设施和社区生活设施及居民工作生活的潜在影响，通过空间分析和建模识别高风险区域，为纽约规划（PLaNYC）提供了重要支撑。此外，纽约市应急管理办公室还创建了一个名为“My Hazards”的基于WEB GIS技术的在线门户网站，让居民通过可视化的在线工具查看与自己所在社区相关的风险分布，提高公众对灾害信息的掌握，降低了风险，提升居民对规划和政策的参与程度。

（二）遥感技术在韧性城市规划中的应用——墨尔本城市森林计划

澳大利亚墨尔本市为应对气候变化、人口增长和城市热岛效应等环境变化挑战，提出城市森林计划

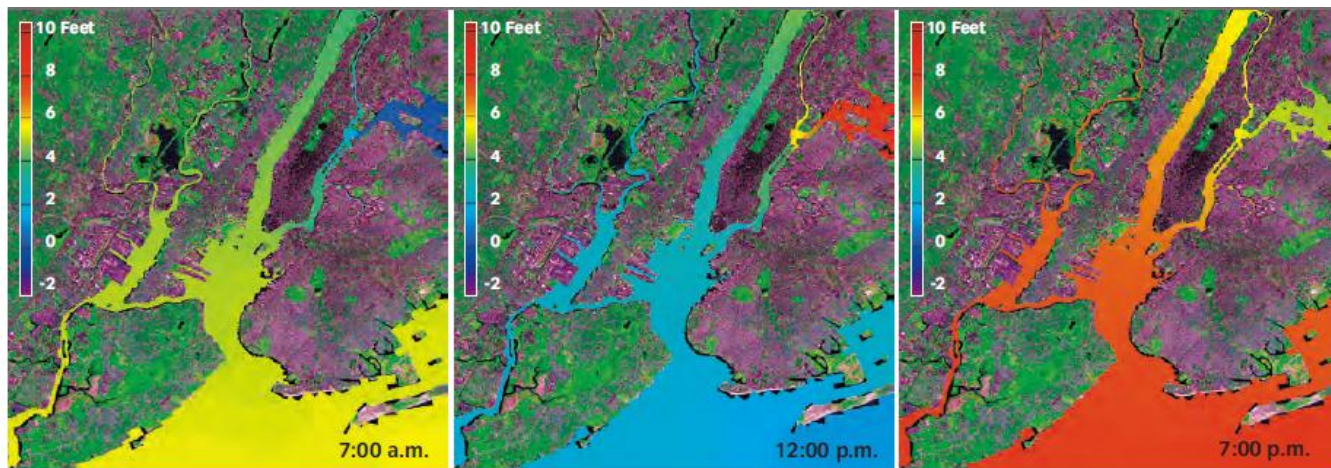


图1 纽约市周边水位图
来源：引自参考文献[6]

(Urban Forest Strategy)，该计划旨在通过增加森林覆盖率和树种的多样性，提升城市应对气候变化的能力^[7]。城市森林计划中大量应用了遥感影像技术，提供森林覆盖现状和变化的关键数据，制定精准高效的规划策略，遥感技术的应用主要集中在城市绿地覆盖监测、生态系统服务评估、城市绿地健康状况监测、城市热岛效应监测4个领域。城市绿地覆盖监测方面，利用遥感技术实时监测城市绿地覆盖范围和变化情况，通过对遥感影像的分析，准确了解绿地覆盖率、绿地类型和绿地分布等信息，指导规划策略的制定。生态系统服务评估

方面，结合遥感技术和地理信息系统，对城市森林和绿地的生态系统服务进行评估，以确定规划和投资的优先方向。城市森林健康状况监测方面，利用遥感技术分析归一化植被指数等指标评估数目生长状况，进而监测城市树木的健康状况，通过健康监测及时发现病虫害、枯死等问题，为树木健康管理提供科学依据。城市热岛效应监测方面，利用遥感技术监测不同森林覆盖率的城土地表温度情况，判断森林对城市热岛的调节作用。

(三) 智慧城市技术在韧性城市规划中的应用——悉尼智慧城市计划



图2 悉尼智慧城市发展计划5大发展目标
来源：翻译自参考文献[8]

澳大利亚悉尼市为应对城市中愈加凸显的城市拥堵、极端天气等问题，促进可持续发展、加强城市韧性，制定了智慧城市计划（Smart City Strategy）。韧性城市计划确立了“一个支持的城市、一个服务的城市、一个孵化的城市、一个有驱动力的城市、一个面向未来的城市”5大发展目标（图2），并以智能基础设施作为主要抓手^[8]。

计划中智慧城市在规划中的应用主要体现在以下5个方面：一是能源管理，悉尼市政府通过智能电网加强可再生能源的利用，提升传统能源的使用效率。如通过实施需求响应策略，优化能源分配、降低能源成本、减少碳排放。二是智慧交通出行，通过部署物联网设备和传感器，实现实时交通监控和智能路网管理，构建可持续、智能和韧性的交通系统。此外，悉尼还推广了共享出行和公共交通，降低交通拥堵和碳排放，提升交通韧性。三是环境监测和智慧气候适应，部署空气质量和水文监测传感器，了解城市环境变化状况，从而制定更有效的环境保护和防灾规划措施。四是社区参与和智慧公共服务，通过搭建数字平台，向市民提供实时、便捷的政务服务，鼓励市民参与城市规划和决策；利用智能监控系统实时监测城市安全状况以改善公共安全和应急响应能力。

四、韧性城市规划中信息技术应用的新兴趋势

（一）韧性城市规划中的人工智能和机器学习

人工智能（Artificial Intelligence）和机器学习（Machine Learning）是信息技术的新兴领域，通过提供先进的分析和决策工具，可优化现有韧性城市规划的工作框架、方法和流程。人工智能和机器学习可提供预测和模拟各种城市系统和过程的模型工具，通过智慧城市技术提供的大量数据进行训练，达到预测交通流量、气候变化、自然灾害等目标，为规划决策提供决策支持，提高城市规划干预的有效性；通过情感分析模型对社交媒体产生的非结构化数据进行分析，明确居民对韧性城市规划中各类议题的看法和潜在情感倾向，增加居民对规划的参与，提高规划的便利性和包容度。除上述应用外，人工智能和机器学习还可通过优化和决策算法优化土地、交通设施、市政基础设施、公共服务设施等资源的分配^[9]。

（二）韧性城市规划中的增强现实和虚拟现实应用

增强现实（AR）和虚拟现实（VR）技术可用于可视化城市设计和模拟城市环境，为决策者和利益相关者提供关于城市规划建成环境的直观体验，使其能更好地理解 and 编制和参与韧性城市规划。利用增强现实和虚拟现实技术可以建设在线沉浸式规划互动共享体验平台，允许居民和规划师探索不同规划方案的建成环境，提出详实的反馈意见，降低市民参与规划决策的难度，提升了规划的包容性和公平性。技术还可用于提升规划师和居民的规划和参与和反应能力，如通过对真实灾害情境的模拟，让参与者做出快速决策，并进行实时反馈，提升规划师规划策略的针对性和居民的应急避险能力^[10]。

五、结语

韧性城市规划中信息技术的应用在提升规划合理

性、科学性，提升规划效率，增强规划透明度、包容性方面具有巨大潜力。然而，目前信息技术的应该仍存在技术受限、数据隐私和数据安全、高成本、数字鸿沟和社会公平、法律规范缺位等诸多问题。未了进一步发挥韧性城市中信息技术应用的潜力，未来研究和实践应着重加强对上述技术应用障碍和问题的解决，并探索人工智能和机器学习、增强现实和虚拟现实等新兴技术的应用，为建设更具韧性、更可持续、更加宜居、更加包容、更加公平的城市提供支撑。

参考文献

- [1] Usha B A, Sangeetha K N, Suchit T E, et al. Comprehensive review of smart cities using IoT[C]//2020 8th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO). IEEE, 2020: 367-371.
- [2] Goldsmith S, Crawford S. The responsive city: Engaging communities through data-smart governance[M]. John Wiley & Sons, 2014.
- [3] Caragliu A, Del Bo C, Nijkamp P. Smart cities in Europe[J]. Journal of urban technology, 2011, 18 (2): 65-82.
- [4] Ahern J. From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world[J]. Landscape and urban Planning, 2011, 100 (4): 341-343.
- [5] Batty M. The new science of cities[M]. MIT press, 2013.
- [6] Office of Emergency Management. A STRONGER MORE RESILIENT NEW YORK [EB/OL]. (2013-06-11) [2023-04-05]. <http://s-media.nyc.gov/agencies/sirr/SIRR-singles-Lo-res.pdf>.
- [7] CITY OF MELBOURNE. Urban Forest Strategy [EB/OL]. (2011-01-09) [2023-04-05]. <https://www.melbourne.vic.gov.au/community/greening-the-city/urban-forest/pages/urban-forest-strategy.aspx>.
- [8] CITY OF SYDNEY. Smart City Strategy [EB/OL]. (2018-08-13) [2023-04-05]. <https://www.cityofsydney.nsw.gov.au/strategies-action-plans/smart-city-strategic-framework>.
- [9] Haldorai A, Ramu A, Murugan S, et al. Artificial intelligence and machine learning for future urban development[J]. Computing and Communication Systems in Urban Development: A Detailed Perspective, 2019: 91-113.
- [10] Broll W, Lindt I, Ohlenburg J, et al. Arthur: A collaborative augmented environment for architectural design and urban planning[J]. JVRB-Journal of Virtual Reality and Broadcasting, 2004, 1 (1).