

城市应急避难场所 选址规划模型与应用

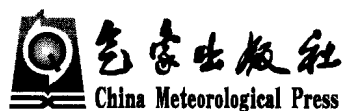
陈志芬 李 强 陈 晋 ◎ 著



气象出版社
China Meteorological Press

城市应急避难场所选址规划 模型与应用

陈志芬 李 强 陈 晋 著



内 容 简 介

随着城市规模的扩展、人口的聚集和环境的恶化,城市应急管理问题日益突出。针对目前我国应急避难场所的规划建设还处于起步和试点阶段,缺乏必要的理论指导和实践经验积累的现状,本书首先依据对避难过程的需求特点分析,概括了应急避难场所的层次结构特征。以此为基础,建立了应急避难场所选址规划过程中的选址布局优化模型、基于数据包络分析方法的规划和运营效率评价模型,以及规划实施的建设进度优化模型,并针对应急避难场所的实际规划特点,提出了一套基于地理信息系统(GIS)的模型应用方法。

本书可供应急管理、城市运行管理、城市规划等领域的高等院校师生、研究人员及政府管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市应急避难场所选址规划模型与应用/陈志芬,李强,陈晋著.

北京:气象出版社,2011.3

ISBN 978-7-5029-5173-3

I. ①城… II. ①陈… ②李… ③陈… III. ①城市-紧急避难-公共场所-选址
②紧急避难-公共场所-城市规划 IV. ①TU984.199

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 027002 号

城市应急避难场所选址规划模型与应用

陈志芬 李 强 陈 晋 著

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:张盼娟

封面设计:博雅思企划

责任校对:永 通

印 刷:北京奥鑫印刷厂

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:148 千字

版 次:2011 年 3 月第 1 版

定 价:20.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:6.5

彩 插:2

印 次:2011 年 3 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

现代城市在体现越来越强大功能的同时,其脆弱性也不断显露,面临愈益严峻的风险;城市规模的扩展、环境的恶化和人口的聚集使得城市的应急管理问题日益突出。相应地,政府在灾时提供应急避难场所的能力已成为衡量政府应急能力和减灾能力的重要内容之一。我国对此十分重视,《破坏性地震应急条例》(1995)、《国家突发公共事件总体应急预案》(2005)、《中华人民共和国突发公共事件应对法》(2007)等先后提出“规划建设应急避难场所”的法制性要求。以地震为例,在政府的贯彻实施工作中,《地震应急避难场所、场址及配套设施》国家标准(2008)将地震应急避难场所分为三个等级,并对应急避难场所的场地选择、安全性、配套设施等做了明确的规定,提出了分等级、分层次规划建设应急避难场所的要求。

早在1966年河北邢台地震和1976年河北唐山大地震中,灾区群众就曾就地取材,以院落、空旷地、路边,特别是为数不多的操场、公园绿地等作为“天然”的避难场地,搭建防震棚、帐篷等为安全避震临时居所。2008年我国南方“低温雨雪冰冻”灾害及“5·12”四川汶川大地震等灾害中,灾区政府紧急启用了体育场馆、公园绿地等场所为灾民提供暂时的避难之所。然而应当看到,随着我国城市人口数量增加和规模不断扩大,类似上述“天然”、“暂时”的避难场所在保障避难者安全、生活秩序和卫生等方面,已难以满足避难需求。汶川地震后的应急救援工作更警示我们,平时规划和建设应急避难场所,是提高城市综合防灾能力、减少人民生命财产损失的有效途径。

目前,北京、深圳、重庆、成都等地已经开展了应急避难场所的规划和建设工作。但总体来看,应急避难场所的规划建设还处于起步和试点阶段,缺乏必要的理论指导 and 实践经验积累,进展相对缓慢,不尽如人意。究其原因,一方面是由于国家的有关法规和标准以及避难过程的实际需要,对应急避难场所的场地类型和安全性等提出严格的要求,从而导致应急避难场所建设备用地资源十分有限,使得应急避难场所的选址布局规划面临困难;另一方面,应急避难场所的功能特点要求配套建设众多应急避难生活设施,因而需要投入大量建设资金,而不同层次的应急避难场所在规模、功能、服务方面的差异性,又造成资金投入的较大差异。因此,如何在安全性、层次性、功能性的约束下,有效地配置有限的土地、资金等资源,就成为政府规划建设应急避难场所时迫切需要考虑和解决的问题。同时,这也是近年来应急管理研究领域的热点问题,即:如何制订应急避难场所的选址布局规划和规划的实施策略。

从 2006 年开始,在从事应急避难场所选址规划相关研究的基础上,陈志芬博士完成了以“应急避难场所优化布局”为研究方向的博士论文。本书的主体是该博士论文的研究成果,研究目标在于:依据对避难过程的需求特点分析,研究应急避难场所的层次结构特征;针对不同的选址目标及城市特点,分别建立应急避难场所的层次选址布局优化模型;建立投入产出效率评价指标体系,选择有界 DEA 模型,分层次对应急避难场所进行效率评价;以项目在规划期内的公益收益最大为目标函数,建立应急避难场所规划实施的进度优化模型。

本书共分为八章。第一章为绪论;第二章主要是应急避难场所选址规划的研究进展;第三章侧重分析应急避难场所的层次性结构特征;第四章根据不同的选址目标和城市特点,分别建立应急避难场所层次选址布局优化模型,并对模型的特点进行分析;第五章提出应急避难场所层次选址布局模型在实际应用中所涉及的需求点提取、选址备选地提取及避难移动距离获取等方法,并进行案例应用;第六章进一步构建应急避难场所效率评价模型,并进行案例研究;第七章提出适用于应急避难场所选址规划实施的进度优化模型,并进行案例研究;第八章为结论,侧重总结本书的研究成果及创新点,并展望未来的研究方向。

本书在撰写过程中得到北京清华城市规划设计研究院公共安全研究所顾林生所长、中国地震局地震预测研究所杨懋源研究员、北京师范大学减灾与应急管理研究院黄崇福教授等人的大力支持,他们对本书提出了很多建设性的意见,在此深表谢意。同时,本书的出版得到国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAJ10B03)的大力支持,在此表示衷心的感谢。

本书所借鉴和参考的国内外同行的现有研究成果及有益经验,均在书中以参考文献的形式予以标注,在此对相关研究者表示由衷的感谢。

应急避难场所规划是应急管理领域的前沿学术问题,本书只是作者在应急避难场所选址规划模型与应用研究方面的初步探索性成果。鉴于作者水平有限、成书时间仓促,难免有疏漏甚至差错之处,敬请广大读者批评指正。

作者

2010 年 12 月 于北京

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 应急避难场所的概念	(1)
第二节 应急避难场所选址规划的背景	(3)
第三节 主要研究内容	(6)
第二章 应急避难场所选址规划研究进展	(9)
第一节 选址布局问题概述	(9)
第二节 常用的选址布局模型	(10)
第三节 层次选址布局模型研究现状	(12)
第四节 应急避难场所选址布局的主要模型与方法	(12)
第五节 应急避难场所效率评价的主要模型与方法	(13)
第三章 应急避难场所层次性分析	(15)
第一节 层次性设施	(15)
第二节 避难过程的需求层次性	(17)
第三节 应急避难场所的层次性分析	(19)
第四节 应急避难场所的层次结构特征	(23)
第五节 小结	(25)
第四章 应急避难场所层次选址布局模型	(26)
第一节 应急避难场所选址布局的基本原则	(26)
第二节 应急避难场所层次选址布局的目标	(27)
第三节 应急避难场所选址布局的区域类型	(28)
第四节 应急避难场所层次选址布局模型	(29)
第五节 模型分析与模拟实验	(36)
第六节 模型应用分析	(41)
第七节 模型比较	(43)
第八节 小结	(44)
第五章 应急避难场所选址布局模型应用方法	(46)
第一节 需求点信息获取	(46)
第二节 应急避难场所备选点提取	(50)

第三节 避难移动距离定义及整理	(52)
第四节 案例研究	(52)
第五节 小结	(60)
第六章 应急避难场所效率评价模型及应用	(62)
第一节 DEA 模型基础	(62)
第二节 投入产出效率评价指标体系	(64)
第三节 投入产出效率评价模型	(67)
第四节 案例研究	(68)
第五节 小结	(72)
第七章 应急避难场所规划实施进度优化模型及应用	(74)
第一节 应急避难场所的公益收益	(74)
第二节 建设进度优化模型	(75)
第三节 两类模型的比较	(77)
第四节 案例研究	(77)
第五节 小结	(86)
第八章 总结与展望	(87)
第一节 总结	(87)
第二节 展望	(88)
附录 地震应急避难场所 场址及配套设施(GB 21734—2008)	(90)
参考文献	(95)

第一章

绪 论



随着地震、洪水和台风等自然灾害,战争和恐怖袭击,以及火灾、爆炸和毒气泄露等事故灾难的威胁不断加剧,在紧急情况发生时是否能够及时提供应急避难场所已成为衡量各国政府应急管理能力和减灾能力的重要内容之一^[1~4]。资料显示,我国有 41%的国土、50%的城市、67%的特大城市处于地震烈度Ⅶ度以上的威胁之中;据统计,有 61%的地震死亡人数集中在城市,直接经济损失达到 85%^[5]。我国 70%以上的大城市、半数以上的人口、75%以上的工农业产值分布在气象灾害、海洋灾害、洪水和地震等灾害严重的沿海及东部地区^[6]。为此,迫切需要未雨绸缪,预先在平时加强应急避难场所的规划和建设,这是提高我国城市综合保障能力、减少灾害损失的重要途径。

第一节 应急避难场所的概念

日本和美国对应急避难场所的研究较多,并且根据应急避难场所分类的不同,分别进行了定义,见表 1-1^[7]。日本的应急避难场所包括室外的广域避难所和临时避难所,室内的收容避难所和特殊避难所;美国则从避难时间的角度将其分为应急避难所和临时避难所两类。

表 1-1 日本、美国应急避难场所类型及其定义

国家(城市)	类型	定义
日本东京	广域避难所	使避难者免受由地震或其他危险因子引起的火灾影响的大面积公园或开放空间
	临时集会场所	邻近的居民在疏散到避难所之前用于临时集会的操场、神社或寺庙
	避难所	能接收或容纳灾民(特别是房屋被地震、火灾或其他致灾因子毁坏的居民)的建筑物(如学校,社区中心等)
	二次避难所	能为需要照顾的老人和残疾人提供服务的社会福利设施

续表

国家(城市)	类型	定义
日本横滨	广域避难所	用于保护居民免受由地震火灾引起的辐射热和烟雾影响的场所,通常能保护居民几个小时
	临时集会场所	避难者在疏散到避难所前的临时集会场所
	社区防灾据点	为房屋被地震或地震火灾破坏的避难者提供住宿的地方,该地方备有应急物资,并且信息能被传递
	特殊避难所	为需要照顾的群体提供优先服务的地方
日本大阪	广域避难所	能保护居民免受地震火灾或能造成大损失的致灾因子影响的大范围地方
	临时避难所	社区中至少能容纳 200 人(每人 1 m ²)的空地或公园等安全地
	收容避难所	为房屋在灾害中被毁的居民提供住宿和食物的地方
	特殊避难所	为需要照顾的居民提供服务的场所或社区的居民服务中心
日本神户	广域避难所	能保护居民免受地震或地震火灾影响的足够大的开放空间
	临时避难所	在地震后能保护居民的室外空间(如小学或中学操场),根据实际情况,也可能是室内空间
	收容避难所	能为房屋被地震或大火毁坏的居民提供住宿的设施(通常是小学或中学的室内空间),根据实际情况,也可在公园设置帐篷
	特殊避难所	为灾后不能在收容避难所居住的老人和残疾人等提供住所的设施(如社会福利院)
美国	应急避难所	为潜在受害者提供短期(通常是几个小时,最多一个晚上)停留的地方
	临时避难所	为居民提供临时(可长达几个月)居住的地方

(注:资料来源于徐伟等《基于营养系统的灾害避难所规划的概念模型》^[7])

我国还没有专门针对应急避难场所的统一定义,相对较多的是对地震应急避难场所的描述。姚清林称地震避难场地是破坏性地震发生后,可使不能归家者暂时栖身并安全生活一段时间的场地^[8]。苏幼坡等指出,城市地震避难所是居民为躲避地震灾害暂时栖身与救援部门集中救援的重要场所^[9]。杨文斌等认为,地震应急避难场所也可作为其他灾害的应急避难场所,可用于城市地震、火灾和水灾等重大突发性灾害事件^[10]。齐瑜提出,应急避难所是指利用城市公园、绿地、广场、学校操场等场地,经过科学规划、建设与规范化管理,能为社区居民提供安全避难、基本生活保障及救援、指挥的场所^[11]。齐瑜的定义摆脱了应急避难场所专门针对地震的约束,第一次明确应急避难场所是城市公共安全的一项重要内容,而且还包含了对应急避难场所的场地、规划、建设、管理及功能等内容。2006 年通过的“北京中心城地震及其他灾害应急避难场所(室外)规划纲要”(以下简称“纲

要”)对地震及其他灾害应急避难场所的定义为“具有一定规模的平坦用地,配套建设有应急救援设施(设备),地震及其他灾种(有条件的)发生后,相关设施(设备)可以进行相应功能转变,储备应急物资,设置标志,能够接收受灾市民临时或长期疏散避难(生活)的空间,确保避难市民安全,避免震后次生地质灾害和火灾等危害,以及方便政府开展救灾工作的场所”,主要包括公园、绿地、体育场、操场、广场等室外开放空间。2008年新出台的国家标准《地震应急避难场所、场址及配套设施》(以下称《国标》)定义地震应急避难场所是“为应对地震等突发事件,经规划、建设,具有应急避难生活服务设施,可供居民紧急疏散、临时生活的安全场所”,并对地震应急避难场所的等级、场地选择、安全性、配套设施等做了明确的规定,提出了分等级、分层次规划建设应急避难场所的要求。虽然“纲要”和《国标》关于应急避难场所的定义从地震灾害的角度提出,但已经超过地震应急避难场所的特定要求,重点突出应急避难场所应具备的功能及设施设备条件。

总的来看,对于应急避难场所,目前还没有统一的定义,但综合不同的定义关注的重点可以归纳为:安全的场地,用于灾时临时避难和生活保障。

第二节 应急避难场所选址规划的背景

一、“天然避难场所”的弊端

避难场所是人们在受灾时躲避灾难、临时居住的安全场所。1923年,日本关东地震后,数以万计的灾民利用公园、绿地等作为避难场所避难^[12]。在我国1966年的邢台地震、1976年的唐山大地震、2008年的汶川地震后,灾区群众自发地就地取材,以公园绿地、学校操场、空地等作为“天然的避难场所”,搭建帐篷和防震棚等,用以临时居住^[13~17]。如,1976年唐山地震后,唐山市的凤凰山公园和人民公园成了唐山市较大的避难场所。受到地震影响的北京市,也有组织地安排城市居民避震疏散到公园、校园、城市绿地、道路和体育场等地避难,其中仅陶然亭公园、天坛公园、中山公园三大公园接待疏散群众就达到17.4万人^[6]。2008年汶川地震后,成都居民普遍疏散到公园、学校、道路等地避难,据统计,震后在人民公园避难的人数超过10万人次,在浣花溪公园避难的人数达到50万人次^[17]。

然而,随着我国城市化进程的推进,城市规模不断扩大,城市建筑越来越密集,人口数量和密度日益增加,“天然避难场所”在避难者生命安全保障、水源和能源供应、环境卫生等方面已不能满足避难的需求^[13, 16]。首先是安全性的问题。群众自行搭建的防震棚在用料和规格上不统一,搭建方式不规范,很难保证其牢固性和安全性;而且这些防震棚搭建的位置不合理,容易堵塞交通,对救援工作造成影响。其次是水源和能源保障的问题。由于“天然避难场所”没有应急水源供给处,随着避难人群的增多,必将出现水源严重缺乏的问题;如果城市给水系统遭到破坏,则更难以获得水源供给。“天然避难场所”缺乏应急发电和照明设施,大量避难者夜间照明不能得到保证,往往容易加重避难者的心理恐慌;需

要长时期避难的人群大多利用蜂窝煤、柴、煤气罐等起灶做饭,更加大了地震次生火灾的隐患。再次是环境卫生方面的问题。由于没有充足的应急厕所、垃圾处理等设施,而且未与城市给排水系统连接,导致避难者如厕不便,避难场所内生活垃圾增多,极大地影响环境卫生条件。这些问题使得“天然避难场所”已经越来越不能适应城市防灾减灾的要求,因此,迫切需要研究应急避难场所的选址和布局规划,加强平时的应急避难场所建设。

二、应急避难场所选址规划实践

在我国,最初的应急避难场所规划只是城市抗震防灾规划、公园规划等城市专项规划的一个部分。20世纪80年代,山东省烟台市在编制城市抗震防灾规划时,就将地震应急避难场所的选址作为其中重要的组成部分^[18]。90年代,熊明等在设计北京西单广场时,考虑了城市公园、广场的防灾减灾功能,将避难功能落实到公园广场的规划设计中^[19]。这一阶段,应急避难场所的选址规划和建设尚处于探索和尝试阶段,对应急避难场所的选址规划也停留在单一灾种阶段。

2003年10月,我国第一个应急避难场所——北京元大都城垣遗址公园正式改建完成,填补了大城市建立应急避难场所的空白。此后,各地纷纷开始应急避难场所的规划工作。2005年,深圳市龙岗区“应急避难场所规划研究”通过专家咨询,制订了我国首个区级应急避难场所规划方案。规划由三个层次组成:从宏观层次划定防灾分区,确定职责范围;从中观层次以街道办事处作为防灾单元,明确服务范围;从微观层次确定避难场所的结构功能,安排足够的市政设施。2005年,“北京市通州新城总体规划”首次将应急避难场所规划纳入城市总体规划,提出建立点线结合的综合防灾圈的理念,其中的点即应急避难场所,包括室内和室外两类,线即各类避难疏散通道^①。与此同时,“北京市房山新城总体规划”正式将应急避难场所规划纳入城市总体规划^②。2006年1月,“北京中心城地震及其他灾害应急避难场所(室外)规划纲要”通过市长会议,提出了中心城、各新城应急避难场所规划的任务和目标,并对应急避难场所的规划和建设提出了技术性要求,于2007年10月正式对外公布^③。2006年年底,浙江省杭州市的萧山区、淳安县分别完成了应急疏散避难场所建设规划,并通过专家评审,该规划在对城市现有资源进行大量调查的基础上,分近期、中期和远期对城市应急疏散避难场所建设进行了规划^{④⑤}。2008年重庆市完成主城区应急场所选址规划。同年,成都市中心城区应急避难场所布局规划通过专家评审,该规划结合绿地、广场、公园、体育场(室外)、中(小)学操场、公共停车场、大专院校等资源进行布局规划,将室外应急避难场所划分为长期、临时和紧急三个等级。

① 《通州新城规划(2005—2020)》。

② 《房山新城规划(2005—2020)》。

③ <http://www.bjgood.net/news/show.aspx?id=3261&cid=34>。

④ <http://www.xsnet.cn/house/zxxw/2006/12/11/242588.shtml>。

⑤ <http://www.hzrf.gov.cn/0102/3775.htm>。

随着城市空间和人口规模的扩大,城市面临灾害时的脆弱性也越来越强,迫切需要规划建设应急避难场所,以提高城市防灾减灾能力。2008年汶川地震后,各城市进一步加大了应急避难场所的规划建设力度。然而,大量的应急避难场所规划和建设实践表明,现有的规划和建设缺乏科学的理论指导和方法支持,应急避难场所的选址布局、责任区划分不尽合理,一方面导致大量资源的浪费,另一方面也使得应急避难场所的建设还停留在试点探索的层面,应急避难场所规划方案实施也难以保障。如何以科学理论为基础,利用有效的方法手段,合理地确定应急避难场所的选址布局、责任区划分并优化规划的实施进度,是应急避难场所选址规划时需要考虑的主要内容。

三、国家法律法规的要求

在我国,应急避难场所的规划建设一直受到重视。1995年,我国《破坏性地震应急条例》第二十九条规定:民政部门应当迅速设置避难场所和救济物资供应点,提供救济物品等,保障灾民的基本生活,做好灾民的转移和安置工作。其他部门应当支持、配合民政部门妥善安置灾民。1997年,《中华人民共和国防震减灾法》第三十五条明确规定:地震灾区的县级以上地方人民政府应当组织民政和其他有关部门和单位,迅速设置避难场所和救济物资供应点,提供救济物品,妥善安排灾民生活,做好灾民的转移和安置工作。2004年9月国务院下发的《关于加强防震减灾工作的通知》(国发〔2004〕25号)明确指出“要结合城市广场、绿地、公园等的建设,规划设置必需的应急疏散通道和避险场所,配置必要的避险救生设施”。按照国务院要求,为进一步增强城市应对灾害的综合能力,中国地震局印发了《关于推进地震应急避难场所的意见》,积极推动省会城市和百万人口以上城市灾害应急避难场所的规划设计,对应急避难场所的规划原则、建设思路、管理要求提出了建议。

2005年1月26日,国务院第79次常务会议通过的《国家突发公共事件总体应急预案》规定:要指定或建立与人口密度、城市规模相适应的应急避险场所,完善紧急疏散管理办法和程序,明确各级责任人,确保在紧急情况下公众安全、有序的转移和疏散。要采取必要的防护措施,严格按照程序开展应急救援工作,确保人员安全。《国家突发公共事件总体应急预案》第一次提出在平时指定或建立避难场所的规定。同年,新颁布的《国家地震应急预案》规定:当地政府具体制定群众疏散撤离的方式、程序的组织指挥方案,规定疏散撤离的范围、路线、避难场所和紧急情况下保护群众安全的必要防护措施。与此呼应,2006年,《城市道路交通规划设计规范》明确指出:地震设防城市应保证震后城市道路和对外公路的交通畅通,道路网中宜设置小广场和空地,并应结合道路两侧的绿地,划定疏散避难用地。这是我国非防灾减灾领域法规对避难场所的第一次规定。2006年12月,国务院专题会议审议通过的《“十一五”期间国家突发公共事件应急体系建设规划》将应急避难场所建设作为国家应急体系建设的主要任务,强调并明确了应急避难场所选址、配套建设等要求。2007年11月1日实行的《中华人民共和国突发事件应对法》第十九条明确规定:城乡规划应当符合预防、处置突发事件的需要,统筹安排应对突发事件所必需的设

备和基础设施建设,合理确定应急避难场所。2008年,新出台的国家标准《地震应急避难场所、场址及配套设施国家标准》定义地震应急避难场所是“为应对地震等突发事件,经规划、建设,具有应急避难生活服务设施,可供居民紧急疏散、临时生活的安全场所”,并对地震应急避难场所的等级、场地选择、安全性、配套设施等做了明确的规定,提出了分等级、分层次规划建设应急避难场所的要求。

综上所述,应急避难场所选址规划问题已经成为我国城市规划、综合防灾规划以及防震减灾规划的重要内容之一。

第三节 主要研究内容

天然应急避难场所越来越不能适应现代城市应急避难的需求,预先在平时选址规划建设应急避难场所就成为城市应急保障体系的重要内容之一。由于国家有关法规和标准,以及避难过程的实际需要都对应急避难场所的场地类型、安全性等提出了严格的要求,使得应急避难场所选址备用地资源十分有限。而且,应急避难场所要求配置众多应急避难生活设施,需要大量建设资金。不同层次的应急避难场所在规模、功能、服务上的差异性,又造成资金投入上的较大差异。因此,如何在安全性、层次性、功能性的约束下,对有限的土地、资金等资源进行合理配置,提高应急避难场所的公益收益,就成为政府规划建设应急避难场所时必须重点考虑和解决的问题。

围绕应急避难场所选址规划中的资源配置问题,本书研究分析了应急避难场所的层次结构特征,建立层次布局优化模型,对应急避难场所的数量、位置、避难人员分配方案进行优化;建立应急避难场所投入产出效率评价的指标体系,并引入 DEA 模型进行评价;基于投入产出效率评价,建立应急避难场所建设进度优化模型,对应急避难场所选址规划的实施进度进行优化。本书主要包括以下三个方面的内容。

1. 应急避难场所层次布局模型与应用

从流模式、嵌套结构、空间非匹配性及目标四个方面,分析应急避难场所的层次结构特征。在此基础上,从考虑避难效果最佳和建设成本最少两类目标出发,分别针对不同的城市特点,建立了规划选址、老城新选址、补充性选址三类共 8 个层次布局优化模型。这些模型可以用于确定应急避难场所的位置、数量和层次;估计各级避难过程中避难者移动的方向以及向各方向移动的人数;估计应急避难场所在各级避难过程中所服务的避难者总数。针对应急避难场所层次选址模型在实际的选址应用中可能涉及的问题,提出需求点提取、设施备选点提取、路径距离获取等方法,并通过案例分析验证方法的实用性。

2. 应急避难场所效率评价模型及应用

分别建立规划效率评价和运营效率评价的指标体系,通过选择有界 DEA 模型,分层次对应急避难场所进行投入产出效率评价。规划效率评价可以为应急避难场所项目实施方案的制订提供依据,运营效率评价可以对应急避难场所的运营维护情况进行监督。利

用 DEA 规模收益分析,可以在多个选址方案的决策中,选择 DEA 有效且处于规模收益由递增转向递减状态,即处于规模收益不变的方案为最优方案。

3. 应急避难场所规划实施进度优化模型及应用

在定义应急避难场所公益收益的基础上,以项目在规划期内总的公益收益最大为目标,分别建立无决策者偏好和包含决策者偏好的应急避难场所规划实施进度优化模型。进度优化模型能对建设项目和建设资金的时间安排进行优化,确定年度最佳投资额度和投资对象。

本书共分为八章,各章的主要内容如下。

第一章为绪论,对目前研究中应急避难场所的主要定义进行了综述,介绍了应急避难场所选址规划的背景以及本书的主要研究内容。

第二章侧重梳理应急避难场所选址规划的研究进展。主要介绍了选址布局的基本要素和主要模型,应急避难场所选址规划的主要模型和方法以及相关的研究进展。应急避难场所的选址布局模型和方法包括基于 GIS 分析的定性方法和基于 P-中位数模型、多目标模型的线性规划模型;效率评价方面目前多采用专家打分、层次分析法等定性研究方法。

第三章主要分析了应急避难场所的层次性特征。根据避难需求的层次性,应急避难场所分为临时避难场所、短期避难场所和中长期避难场所三个层次。在层次结构方面,应急避难场所表现出单一流、嵌套层次、空间不匹配的特点,即:避难需求随避难时间的推移逐级上升,体现单一流的特征;较高层次的设施同样具有低层次设施的功能,体现嵌套的层次特征;避难行动可以跨行政区域进行,体现空间不匹配的特征。

第四章针对不同的城市特点和选址目标,按照一定的原则,分别建立应急避难场所选址布局的三级层次模型,并通过模拟实验和应用分析,验证模型的实用效果和实质作用。首先,根据城市在应急避难场所建设方面的不同特点,将应急避难场所的选址类型分为规划选址、老城新选址、补充性选址三类,其中补充性选址包括已有设施不变和已有设施可以升级两类。其次,按照避难效果最佳和成本最少的选址目标,针对不同的选址类型,分别建立模型。再次,通过模拟实验验证布局模型可以对应急避难场所的数量、位置、层次进行优化,还可以估计各级避难过程中的移动方向及向各方向的移动人数,为划分应急避难场所责任区提供依据。最后,通过比较模型在不同避难阶段的避难效果,揭示出在城市规划中,尤其是新城的规划中,同步进行避难设施的规划更有利于提高避难效率;而在进行补充性规划时,允许符合条件的现有设施升级改造更有利于提高避难效果。

第五章主要针对应急避难场所选址布局模型在实际应用中可能涉及的问题,提出需求点提取、避难设施备选点选取、避难距离定义及整理的方法。在需求点提取方面,提出结合不同性质用地的人口时空动态分布差异性及其真实避难需求来提取人口分布的方法。在避难设施备选点信息提取方面,提出基于用地资源安全性分析的、通过组合聚类获得备选点信息的方法。在避难距离获取方面,借助 ArcGIS 软件的 Network Analysis 功能,提

出建立 O—D 矩阵来获取路径距离的方法。

第六章主要针对应急避难场所选址完成之后至建设之前,以及建设完成之后投入运营两个不同阶段,建立相应的基于投入产出分析的规划效率评价和运营效率评价指标体系。这里的投入只考虑建设成本或者运营成本,产出被定义为可以保证更多人避难、更方便避难和更安全避难。为考虑应急避难场所的层次性、部分指标的不变性和有界性,选择有界 DEA 模型进行分层次评价。对于多个选址方案的决策,提出利用 DEA 效率评价的规模收益分析进行判断的原则,即:处于规模收益不变的方案为最优方案。

第七章结合应急避难场所规划效率评价,定义应急避难场所的公益收益,并从应急避难场所建设项目公益收益最大的目标出发,建立无决策者偏好和包含决策者偏好的应急避难场所规划实施进度优化模型。通过对比两类模型,证实两类模型各有所长,在实际的应用中,应根据具体的情况选择合适的优化模型。

第八章为结论,主要总结研究成果及创新点,并对未来研究进行了展望。

第二章

应急避难场所选址规划研究进展

第一节 选址布局问题概述

选址问题在生产、生活、甚至军事等方面应用广泛,合理的选址会给人民生活带来便利,降低成本,扩大利润和市场份额,提高服务效率和竞争力,而不适宜的选址往往会带来很大的不便和损失,甚至是灾难^[20]。一般认为,选址问题研究始于1909年Weber的仓库选址问题^[20~22],即在平面上确定一个仓库的位置,使得该仓库到所有顾客的总距离最小。Revelle^[22]总结指出,“选址”是在给定的空间范围内确定设施的位置,涉及四个要素:需求、设施、选址空间、距离定义。需求往往被抽象成集中于某一点或者某一路线上,也称需求点;设施即需要选择、布置在某一位置的设施;空间即需求点和设施所在的区域;距离定义往往表达了需求点和设施之间的路径、路线距离或者从需求点到达设施点所需要的时间。

根据选址目标的不同,可以分为吸引目标(pull)、排斥目标(push)和平衡目标(balancing)三类。吸引目标主要用于研究有利设施的选址,设施设备越近越好,比如医院、学校的选址,但选址结果往往受到设施建设成本的限制。排斥目标常见于不利设施的选址,期望越远越好,比如垃圾站选址等,但选址结果往往受到运输成本的限制。平衡目标即在给定的标准距离内达到相对公平。

根据空间背景的差异,选址问题一般分为d维真实空间选址问题和网络选址问题(d-dimensional real space and network location problems)两大类。前者也简称空间选址问题,基于Minkowski的距离定义确定任意两点之间的距离;而网络选址中,距离被定义为两点之间的最短弧长。无论是空间选址模型还是网络选址模型,都包含连续和离散两种。在连续模型中,设施点可以选址在空间或者网络中的任何位置;在离散模型中,设施点只能在空间或者网络的限定可选的备选集中选址。

第二节 常用的选址布局模型

常用的选址布局基本模型有:集合覆盖模型(LSCP)、最大覆盖模型(MCLP)、P-中位数模型(P-median model)、P-中心模型(P-center model)。

一、参数定义

指标集

I :需求点集合, $I = \{i | i = 1, 2, \dots, m\}$;

J :设施备选点集合, $J = \{j | j = 1, 2, \dots, n\}$ 。

数据集

w_i :需求点 i 的需求量, $i \in I$;

d_{ij} :需求点 i 与设施备选点 j 之间的最短距离, $i \in I, j \in J$;

u_{ij} :从需求点 i 到设施备选点 j 的单位运输成本, $j \in J, i \in I$ 或 $i \in J$;

p :需开设的设施数量;

D :需求点到其服务设施之间的最大允许距离。

变量

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{设施选址在备选点 } j \text{ 处} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{需求点 } i \text{ 被服务} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{需求点 } i \text{ 由设施备选点 } j \text{ 服务} \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

二、常用模型

位置集合覆盖问题(Location Set Covering Problem, LSCP)的数学模型最早由 Toregas 和 Reville 提出^[23],其目标是确定所需服务设施的最小数目,并配置这些服务设施使所有的需求点都能给定的服务距离内被设施覆盖,其线性表达式如模型 1 所示。

模型 1(LSCP):

$$\min \quad \sum_{j \in J} y_j \quad (2.1)$$

$$s. t. \quad \sum_{d_{ij} \leq D} x_{ij} \geq 1, \forall i \in I \quad (2.2)$$

$$y_j \in (0, 1), \forall j \in J \quad (2.3)$$

其中,目标函数(2.1)要求所选设施数量最少;约束(2.2)强调所有需求点在给定的服务距离 D 内至少被 1 个设施覆盖;约束(2.3)是对选址变量的定义。