

城市居民应急避难可达性与公平性分析

李 澳, 徐春辉

(吉林师范大学地理科学与旅游学院, 吉林 四平 136000)

摘要: 城市居民应急避难可达性与公平性分析可探究区域内应急资源布局的均衡性。以长春市城市居民应急避难公平性为研究对象,采用可达性模型与公平性模型,对研究区居民应急避难可达性与公平性进行分析。结果表明:长春市居民应急避难可达性高值位于绿园区、宽城区、朝阳区、南关区、二道区5区交界地带;长春市洛伦兹曲线值很大程度上偏离绝对平均曲线,基尼系数为0.6682,说明长春市的居民应急避难可达性处于高度不平均的状态。

关键词: 应急避难; 可达性; 公平性; 洛伦兹曲线

中图分类号: X93 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)17-0336-05

在历年突发的各种灾害事故中,人们得到了深刻的教训,也明白了未雨绸缪的重要性^[1-3]。保障人们生命财产安全、维护社会稳定,需加强城市灾害管理,提高灾害区域的应急避难能力已经成为城市管理中的一项重要课题^[4-6]。评价一个城市中居民避难公平性是构建城市公共安全体系的重要组成部分,亦是增强城市应对突发灾害事故能力的迫切需求和必然选择^[7-9]。居民应急避难公平性研究是一个学科交融互动研究,它涉及交通规划、地理学、公共安全以及城市规划等。该研究借助来自交通规划的城市道路系统、公共安全中的应急避难所系统,以及在地理学中被广泛使用的可达性概念,主要解决的是城市中居民避难空间与资源分布合理性问题^[10]。从多学科交叉角度对居民应急避难公平性进行评价,使避难资源布局更为合理,为城市道路的建设、布局优化与调整等提供科学参考。目前,针对居民避难公平性研究较少,已有研究主要集中在居民避难效率^[11]、避难所优化布局^[12]、避难安全性^[13]、避难可达性^[14-17]及避难适宜性^[18]等方面。因此,本文在总结前人已有研究的基础上,以居民避难可达性研究方法为基础,探究区域居民避难可达性所表现出的均衡状态,即公平性。具体为以服务设施优势度模型为基础,建立由应急避难所距离指数、应急避难所等级等多项指标组成的城市居民避难可达性评价模型,以此为基础,利用基尼系数与洛伦兹曲线分析长春市居民应急避难可达

性的均衡程度。研究结果不仅可为防灾减灾提供依据,亦可为城市应急资源合理化配置提供参考依据。

1 研究资料与方法

1.1 城市居民避难可达性模型构建

1.1.1 指标体系及权重确定

对城市居民应急避难可达性评价以目的性原则、科学性原则、可行性原则为基础^[19],设置目标层、准则层、指标层3个层次。准则层包括应急避难所指标、交通道路网络指标、避难可达影响指标;指标层包括应急避难所距离指数、等级指数、频率指数及道路距离指数、等级指数和城区建筑物密度、社区人口密度7个指标^[20-21]。各指标体系权重采用层次分析法计算(表1)。

表1 城市居民应急避难可达性评价指标体系及指标权重

目标层	准则层	指标层	权重
城市居民 应急 避难 可达性 评价 体系	应急避难所指标	应急避难所距离指数	0.21
		应急避难所等级指数	0.15
		应急避难所频率指数	0.09
	交通道路网络指标	道路距离指数	0.20
		道路等级指数	0.20
	避难可达影响指标	城区建筑物密度	0.06
		社区人口密度	0.09

1.1.2 模型构建

$$\text{城市居民应急避难可达性} = 0.45 \times \text{应急避难所指标} + 0.40 \times \text{交通道路网络指标} +$$

收稿日期: 2024-04-19

基金项目: 吉林省教育厅项目(JJKH20220434KJ, JJKH20230503KJ)

作者简介: 李澳(1999—),男,安徽六安人,硕士研究生,研究方向为区域灾害风险评价;通信作者徐春辉(1980—),男,吉林四平人,博士,讲师,研究方向为区域灾害风险评价。

0.15×避难可达影响指标 (1)

应急避难所指标由距离指数、等级指数、频率指数 3 项指标构成,即

$$\text{应急避难所指标} = 7/15 \times \text{应急避难所距离指数} + 5/15 \times \text{应急避难所等级指数} + 3/15 \times \text{应急避难所频率指数} \quad (2)$$

$$\text{应急避难所距离指数} = (\text{最近一级应急避难所距离赋值} + \text{最近二级应急避难所距离赋值} + \text{最近三级应急避难所距离赋值})/3 \quad (3)$$

$$\text{应急避难所等级指数} = (\text{一级应急避难所覆盖次数} \times 3 + \text{二级应急避难所覆盖次数} \times 2 + \text{三级应急避难所覆盖次数} \times 1)/3 \quad (4)$$

$$\text{应急避难所频率指数} = (\text{一级避难所覆盖次数} + \text{二级避难所覆盖次数} + \text{三级避难所覆盖次数})/\text{应急避难所总数} \quad (5)$$

交通道路网络指标由距离指数、等级指数 2 项指标构成:

$$\text{交通道路网络指标} = 1/2 \times \text{道路距离指数} + 1/2 \times \text{道路等级指数} \quad (6)$$

$$\text{道路距离指数} = (\text{最近一级道路距离赋值} + \text{最近二级道路距离赋值} + \text{最近三级道路距离赋值})/3 \quad (7)$$

$$\text{道路等级指数} = (\text{一级道路覆盖次数} \times 3 + \text{二级道路覆盖次数} \times 2 + \text{三级道路覆盖次数} \times 1)/3 \quad (8)$$

避难可达影响指标由城区建筑物密度和社区人口密度 2 项指标构成:

$$\text{避难可达影响指标} = 2/5 \times \text{城区建筑物密度} + 3/5 \times \text{社区人口密度} \quad (9)$$

$$\text{城区建筑物密度} = \text{城区建筑物面积}/\text{城区面积} \quad (10)$$

$$\text{社区人口密度} = \text{社区人口数}/\text{社区面积} \quad (11)$$

1.2 居民避难公平性模型构建

基尼系数与洛伦兹曲线是解决公共服务设施公平性等问题的重要方法,基尼系数与洛伦兹曲线具有密切关系,洛伦兹曲线的弧度越大,基尼系数则越高,反之,基尼系数越低。首先,将长春市居民应急避难可达性评价价值分配曲线与绝对平等情况曲线围成的面积计为 s 。其次,计算出长春市居民应急避难可达性评价价值分配曲线与绝对不平等情况下曲线围成的面积记为 c ,则基尼系数为 $s/(s+c)$ 。一般来说,基尼系数小于 0.3 时,代表所研究内容处于最佳平均状态;基尼系数介于 0.3~0.4 时,代表研究内容处正常状态;基尼系数介于 0.4~

0.5 时,代表研究内容处于严重不均衡状态;当基尼系数大于 0.6 时,代表研究内容已经处于高度不公平状态。

2 结果与分析

2.1 应急避难可达性结果分析

首先,利用 ArcGIS 栅格计算器,依据式(1)~式(11)分别对应急避难所距离指数、应急避难所等级指数、应急避难所频率指数、道路距离指数、道路等级指数及避难可达影响指数进行栅格计算,得出应急避难所指标、交通道路网络指标及城区建筑物密度和人口密度指标;其次,利用栅格计算器将 3 个准则层指标进行叠加计算,并利用 ArcGIS 的分区统计功能,得出城市居民应急避难可达性评价和可达性评价均值分布图(图 1)。结果表明,绿园区、朝阳区、南关区、宽城区、二道区 5 个城区是长春市的中心城区,城市居民应急避难可达性评价数值也排在前列。其中,绿园区和朝阳区分别排名第 1 和第 2,区内最低值分布较少,最高值集中在右部或者上部,整体来看虽然应急避难可达性分布不均,但是数值都偏高,差距较小,两者的城市居民应急避难可达性数值差值为 0.110 7。排名第 2 的朝阳区和排名第 3 的南关区城市居民应急避难可达性数值差值变大为 0.134 8,比起前两者之间差距增大。之后的南关区与宽城区、宽城区与二道区之间的差距都没有超过 0.134 8。南关区、宽城区、二道区虽然评价排序较高,但区内的应急避难可达性明显差距较大,两极分化严重。南关区的上部大量集中了应急避难可达性高值,而下半部分较多分布为低值。宽城区右下部大量集中了应急避难可达性高值,其他部分低值与最低值分布较多。二道区高值明显集中在左下部分,其他部分低值与最低值分布较多。双阳区排名第 6,可知该区域的应急避难所指标很低,但是由于该区域与两个主城区接壤,区域内部的路网十分发达,因此交通道路网络指标较高,所以该区域综合排名第 6。德惠市、九台区、榆树市、农安县分别排名第 7、第 8、第 9、第 10,且其居民应急避难可达性差值相差不大。德惠市和榆树市属于长春市的管辖的县级市,二者和九台区、农安县内应急避难可达性差距十分明显,呈现区域中心位置,并沿着主要城市道路向四周扩散,最低值分布在周围。

2.2 居民应急避难公平性评价结果分析

基于上述栅格数据——城市居民避难可达性栅格图,将统计出栅格数据中的所有具体城市居民

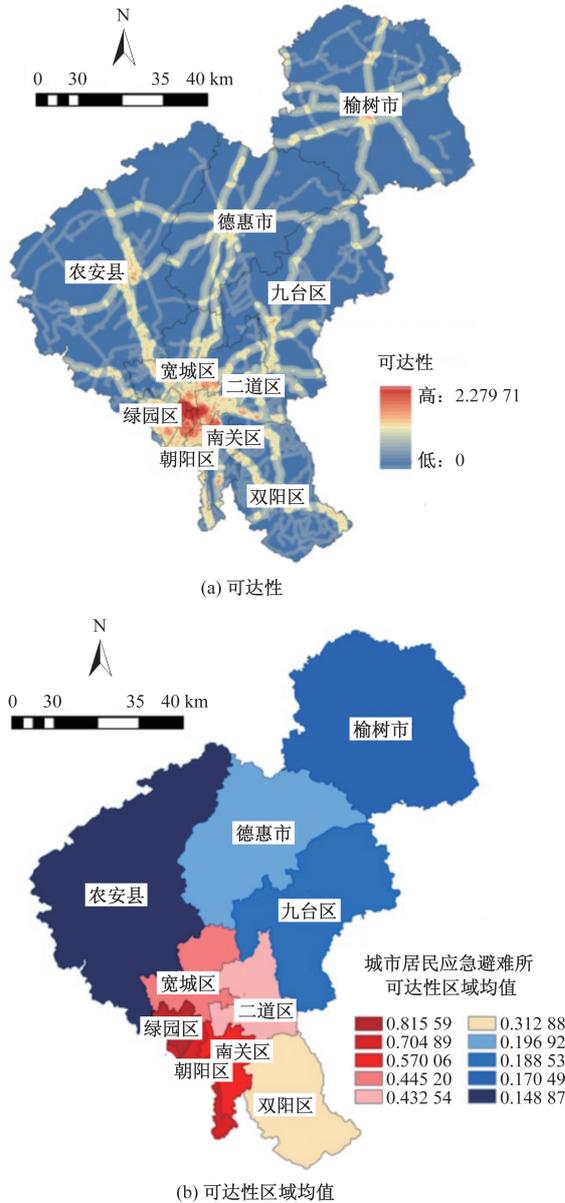


图 1 长春市城市居民应急避难可达性及区域均值

避难可达性评价价值,以及该值的栅格数量,将栅格的城市居民避难可达性评价价值进行从小到大的排序,之后计算出栅格数量累计百分比和城市居民避难可达性评价累计百分比, x 轴为栅格数量累计百分比, y 轴为城市居民避难可达性评价价值累计百分比,通过数值将这些点连接起来就得到了对应的洛伦兹曲线^[22]。如果研究区域内的每一栅格数值都相等,即栅格数量累计百分比和城市居民避难可达性评价累计百分比一直相等,此时的洛伦兹曲线是一条绝对平均的线;如果研究区内的所有的城市居民避难可达性评价价值都集中在一个栅格,其他都为0,则此时的曲线落在横坐标轴或者纵向坐标轴上,代表着绝对不平均状态。结合此原理及居民应急

避难公平性模型,实现研究区居民应急避难公平性评价(图 2)。

从长春市的城市居民应急避难可达性的洛伦兹曲线图可知,其值很大程度上的偏离绝对平均曲线,靠近绝对不平均曲线,基尼系数为 0.668 2。根据基尼系数的划分标准,长春市的居民应急避难可达性已经处于高度不平均的状态。虽然从实际出发,对一个城市来说,要达到完全平均的状态是不现实的,但是超过 0.6 已经属于基尼系数划分出来的严重不平均状态,因此,长春市的城市居民应急避难安全性还应加大力度改善,尽可能地使长春市城市居民应急避难可达性处于一个良好的状态。按照基尼系数划分标准来划分,则绿园区处于 0.3~0.4,绿园区的城市居民应急避难可达性分布处于一个正常的状态,即该区域的每一处应急避难可达性评价价值分布较为平均,应急避难资源分布较为合理,居民逃生概率较大;朝阳区、双阳区、南关区、二道区、宽城区都处于 0.4~0.6,城市居民应急避难可达性分布处于一个严重不均衡的状态(表 2)。其中的朝阳区、南关区、二道区、宽城区还属于市中心城区,更需要重点关注。

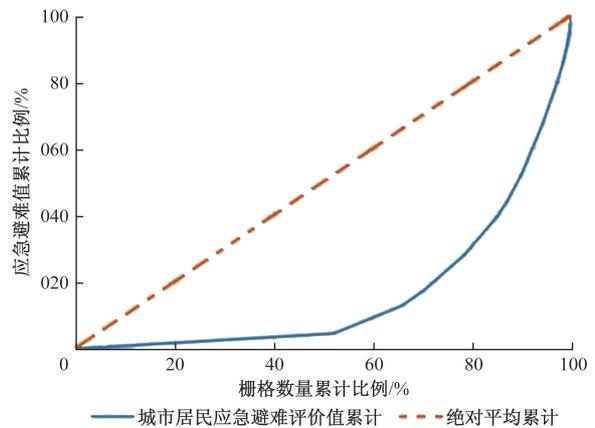


图 2 长春市洛伦兹曲线

表 2 长春市各区基尼系数

排序	区名	基尼系数	排序	区名	基尼系数
1	绿园区	0.387 0	6	宽城区	0.549 6
2	朝阳区	0.415 5	7	九台区	0.625 0
3	双阳区	0.530 5	8	德惠市	0.642 9
4	南关区	0.533 6	9	榆树市	0.648 5
5	二道区	0.548 9	10	农安县	0.671 1

3 结论与展望

以服务设施优势度模型为基础,建立由应急避难所距离指数、应急避难所等级等多项指标组成的城市居民避难可达性评价模型,以此为基础,利用

基尼系数及洛伦兹曲线分析长春市居民应急避难公平性。

(1)从可达性角度来看,绿园区、朝阳区、南关区、宽城区、二道区 5 个城区是长春市的主城区,绿园区和朝阳区的城市应急避难可达性评价数值分别排第 1 和第 2,区内最低值分布较少,最高值集中在右部或者上部,虽然整体看应急避难可达性分布不均,但是数值都偏高,差距较小。朝阳区和南关区分别排第 2 和第 3,但城市居民应急避难可达性数值差值变大为 0.134 8,比起前两者之间差距增大。宽城区和二道区分别排名第 4 和第 5,南关区、宽城区、二道区之间的差距都没有超过 0.134 8,虽然评价排序较高,但区内的应急避难可达性明显差距较大,两极分化严重。南关区的上部大量集中了应急避难可达性高值,而下半部分较多分布的都是低值。宽城区右下部分大量集中了应急避难可达性高值,其他部分低值与最低值分布较多。二道区高值明显集中在左下部分,其他部分低值与最低值分布较多。由于双阳区与两个主城区接壤,区域内部的路网十分发达,因此交通道路网络指标较高,因此该区域综合排名第 6。双阳区与德惠市的城市居民应急避难可达性数值骤降,差值为 0.143 9。而德惠市、九台区、榆树市、农安县分别排名第 7、第 8、第 9、第 10,且居民应急避难可达性数值差值相差不大。

(2)从公平性角度来看,长春市的城市居民应急避难可达性的洛伦兹曲线值在很大程度上偏离绝对平均值曲线,靠近绝对不平均曲线(基尼系数为 0.668 2)。根据基尼系数的划分标准,长春市的居民应急避难可达性已经处于高度不平均的状态。公平性值越小说明研究区居民应急避难越公平,安全避难可能性越大,反之,越不公平,安全避难的可能性小。因此,绿园区、朝阳区、双阳区、南关区、二道区、宽城区 6 个区域居民应急避难公平性值低于 0.6,说明此 6 个区域居民安全避难可能性较大,其中绿园区与朝阳区最大。而九台区、德惠市、榆树市、农安县属于长春市的县级行政单位,区域内的应急避难资源、设施等相对不够完善,因此,导致该区域内的居民应急避难公平性值较大(均超 0.6),说明居民应急避难安全性欠缺,亟需相关应急资源的优化布局,改善区内居民应急避难公平性。

本文虽对城市居民应急避难可达性及公平性进行评价,但在可达性评价时仅考虑了道路和应急避难所两个指标,在实际中,还存在其他对居民应

急避难可达性影响因素。因此,在一定程度上影响了城市应急避难可达性的评价结果精度。在未来研究中,将进一步探究影响居民应急避难可达性指标数据,丰富城市居民应急避难可达性评价指标体系,使得评价结果更加精确。

参考文献

- [1] 陈秀山,王洋. 中国城市化进程的基本特征与存在问题研究[J]. 井冈山大学学报(社会科学版), 2010, 31(1): 47-53.
- [2] 周江生. 城市公共应急管理能力提升现状与策略研究[J]. 环渤海经济瞭望, 2023(12): 38-41.
- [3] 杨靖. 我国城市发展进程中问题探讨[J]. 科技信息, 2012(16): 76.
- [4] 吴凤敏,袁超,郑稚棚. 重庆市主城区医院空间格局及其对应急效率的影响研究[J]. 规划师, 2015, 31(S1): 269-273.
- [5] 徐敬海,秦骏. 面向城市规划的避难疏散场所选址模型[J]. 测绘通报, 2018(12): 36-40, 58.
- [6] 林子琳,唐波. 基于 GIS 的学校型应急避难场所空间布局与优化:以汕头市濠江区为例[J]. 测绘与空间地理信息, 2018, 41(6): 37-40.
- [7] HIGGS G, FRY R, LANGFORD M. Investigating the implications of using alternative GIS-based techniques to measure accessibility to green space[J]. Environment and Planning-Part B, 2012, 39(2): 326.
- [8] 毛子庄,马亚萍,汪雅馨,等. 考虑公平性的人群疏散临时乘车点选址-调配模型[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2022, 44(2): 206-211.
- [9] LEE G, HONG I. Measuring spatial accessibility in the context of spatial disparity between demand and supply of urban park service[J]. Landscape and Urban Planning, 2013, 119: 85-90.
- [10] APPARICIO P, GELB J, DUBÉ A S, et al. The approaches to measuring the potential spatial access to urban health services revisited: distance types and aggregation-error issues[J]. International Journal of Health Geographics, 2017, 16(1): 1-24.
- [11] 季珏,高晓路. 紧急避难场所震灾服务效率的评价方法及实证:以北京市海淀区为例[J]. 地理研究, 2014, 33(11): 2105-2114.
- [12] 马运佳,朱盛楠,张恺雯,等. 基于 GIS 的灾害避难所布局优化示范研究:以海南省海口市为例[J]. 水利水电技术(中英文), 2022, 53(10): 101-109.
- [13] 蔡凯臻. 提升空间防灾安全的城市设计策略:基于街区层面紧急疏散避难的时空过程[J]. 建筑学报, 2018(8): 46-50.
- [14] 陶卓霖,程杨,戴特奇. 北京市养老设施空间可达性评价[J]. 地理科学进展, 2014, 33(5): 616-624.
- [15] 陶卓霖,程杨,戴特奇,等. 公共服务设施空间可达性评价中的参数敏感性分析[J]. 现代城市研究, 2017

- (3): 30-35.
- [16] 陈周, 王东旭, 费鲜芸, 等. 基于人口和路网的上海紧急避难所可达性分析[J]. 地理空间信息, 2021, 19(7): 20-23.
- [17] 高晓路, 王坤鹏, 季珏. 城市防灾避难空间安全性的评价: 以北京市紧急避难场所为例[J]. 人文地理, 2013, 28(6): 49-54.
- [18] 陈鹏, 张继权, 张立峰, 等. 城市地震应急避难所适宜性综合评判物元可拓模型及实证研究[J]. 环境工程, 2016, 34(S1): 1132-1136.
- [19] 胡瑞娴, 陈忠暖. 广州市中心城区基本医疗服务空间分布研究[J]. 云南地理环境研究, 2008(4): 48-53.
- [20] 周爱华, 张景秋, 杜姗姗, 等. 一种北京城区避难场所可达性评价方法[J]. 测绘科学, 2017, 42(1): 88-92, 106.
- [21] 张榕楠, 杨芳绒, 杨俊, 等. 基于GIS的三门峡市公园可达性分析[J]. 林业调查规划, 2024, 49(2): 25-32.
- [22] 赵艳福, 李艳宾, 汪璐. 基于GIS的宁波城市公园可达性与社会公平性研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(3): 93-97.

Analysis on the Accessibility and Fairness of Emergency Shelter for Urban Residents

LI Ao, XU Chunhui

(College of Geographic Science and Tourism, Jilin Normal University, Siping 136000, Jilin, China)

Abstract: The analysis of accessibility and fairness of emergency shelter for urban residents can explore the balance of emergency resource layout within the region. Taking the fairness of emergency shelter for urban residents in Changchun City as the research object, accessibility and fairness models were adopted to analyze the accessibility and fairness of emergency shelter for residents. The results show that the high accessibility of emergency shelter for residents in Changchun City is located at the junction of the five districts of Lvyuan District, Kuancheng District, Chaoyang District, Nanguan District, and Erdao District. The Lorenz curve value in Changchun City deviates significantly from the absolute mean curve, with a Gini coefficient of 0.6682, indicating that the accessibility of emergency shelter for residents in Changchun City is highly uneven.

Keywords: emergency shelter; accessibility; fairness; Lorenz curve