

基于因子分析的广东省各区县热浪抵抗力分析*

郑楷灿, 廖威林

中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510006

摘要: 在全球气候变暖背景下, 热浪事件发生的频率不断增加, 给人居环境和人类健康带来了不利影响。已有研究表明, 自然因素和社会经济因素均会影响热浪事件的强度。因此, 综合考虑自然、社会和经济指标来反映对热浪事件的抵抗力尤为重要。本研究聚焦于广东省各区县, 选取了涉及以上3个方面的指标, 使用因子分析方法提取到3个公因子, 分别为个体抵抗因子、公共抵抗因子和自然抵抗因子, 其累计贡献率达到90.029%, 能够较为准确地反映区县尺度下热浪事件的抵抗能力。结果表明, 热浪抵抗力在广东省内存在明显的不平衡性, 抵抗能力强的区县集中在珠三角地区。根据因子得分进行特征组合, 可将广东省内各区县分为5类, 分别是抵抗力脆弱区、个体抵抗力提高区、公共抵抗力提高区、自然抵抗力提高区和抵抗力强劲区。大部分区县在热浪抵抗力上既存在优势方面, 也存在不足之处。本研究针对不同类别的区县提出相应建议, 以期缓解热浪事件影响提供科学依据。

关键词: 因子分析; 县级尺度; 热浪抵抗力; 多源数据

中图分类号: K90 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-0137(2024)04-0001-08

Analysis of heatwave resistance in the districts and counties of Guangdong province based on factor analysis

ZHENG Kaican, LIAO Weilin

School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China

Abstract: Under the backdrop of global warming, the frequency of heatwave events has been increasing, adversely affecting the living environment and human health. Existing studies suggest that both natural and socio-economic factors influence the intensity of heatwave events. Therefore, it is particularly important to consider a comprehensive set of natural, social, and economic indicators to assess resistance to heatwaves. This study selects indicators related to the three aforementioned aspects through factor analysis concerning the districts and counties of Guangdong Province. Three common factors are extracted: individual resistance factor, public resistance factor, and natural resistance factor, which have a cumulative contribution rate reaching 90.029% and can accurately reflect the resistance capacity to heatwave events at the county scale. The results show a significant imbalance in heatwave resistance within Guangdong Province, with districts having strong resistance concentrated in the Pearl River Delta region. Based on the factor scores, the districts and counties in Guangdong Province can be divided in-

* 收稿日期: 2024-02-20 录用日期: 2024-03-26 网络首发日期: 2024-04-24

基金项目: 国家自然科学基金(42271419); 广州市青年科技人才托举项目(QT-2023-010);
中山大学创新人才培育计划(23lgbj014)

作者简介: 郑楷灿(2003年生), 男; 研究方向: 地理信息科学;
E-mail: zhengkai@mail2.sysu.edu.cn

通信作者: 廖威林(1990年生), 男; 研究方向: 城市气候、气候变化;
E-mail: liaoweilin@mail.sysu.edu.cn

全文阅读



ZR20240054

to five categories: vulnerable resistance zone, individual resistance enhancement zone, public resistance enhancement zone, natural resistance enhancement zone, and strong resistance zone. Most districts and counties have both strengths and weaknesses in their resistance to heatwaves. The study provides specific suggestions for different categories of districts and counties, hoping to offer a scientific basis for mitigating the impacts of heatwave events.

Key words: factor analysis; county level scale; heat wave resistance; multisource data

随着全球气候变化加剧,极端气候事件发生的频率和强度在近些年来显著增加(Perkins et al., 2012; 翟盘茂等, 2017; Romanello et al., 2023)。高温热浪可直接引起热痉挛、热衰竭、热射病等热相关疾病(欧阳骅等, 2000; 潘梅竹等, 2018), 其频繁发生会给人类带来不可忽视的健康负担(Ebi et al., 2021)。过去的研究表明, 热浪事件会同时受到自然和社会经济因素的影响。例如, 植被覆盖增加可以提高地表的蒸散发能力, 从而有效缓解热浪事件带来的不利影响(Yu et al., 2020; Murtinová et al., 2022); 而城市化带来的不透水面增加、人为热排放增加等现象会提高地表温度, 进一步增加城市地区热浪事件发生的频率(Liao et al., 2017; Wang et al., 2021)。因此, 建立合理的热浪抵抗力评价体系、定量评估抵抗力的强弱, 对于认识和提高区域尺度上关于热浪事件的健康韧性尤为重要(Ji et al., 2023)。

目前有关极端高温影响评价的研究主要是利用自然和社会经济数据, 计算热浪的危险度、暴露度和脆弱性, 进而综合得到热浪风险因子并进行风险评估, 但有关热浪抵抗力的研究仍较为缺乏(薛倩等, 2020; 何苗等, 2023; Hu et al., 2017)。而在洪水韧性评价领域, 研究者通过构建“稳健性-抵抗力-恢复力”的3R模式, 对洞庭湖流域各区县的洪水韧性进行评价并对区县进行分类, 同时为各个类别区县的发展方向提供建议(Yu et al., 2023)。该研究从自然、社会、经济等多个层面上选取相关指标, 利用主成分分析法量化洪水抵抗力, 具有较强的迁移性, 可为不同灾害事件的抵抗力分析提供一定的参考。

近些年来, 广东省热浪频次显著增加(张平等, 2018)。但省内各区县在发展水平上参差不齐, 存在较为严重的不平衡问题(袁萌, 2019), 区县之间对热浪事件的抵抗力水平应当存在差异。因子分析作为主成分分析的推广, 可以综合考虑自然、社会和经济等多个层面的因素, 被广泛应用于评价体系的建立(陈俊梁等, 2020; 张宏远等, 2020; 郭

岩等, 2021)。因此, 本研究聚焦于广东省内的区县, 采用涵盖自然、社会、经济层面的多源数据, 利用因子分析的方法计算各个区县对热浪事件的抵抗力, 并根据各因子得分和综合得分进行类别划分。通过这一评价体系, 我们可直接对各区县的热浪抵抗力进行定量描述, 探讨区县之间抵抗力的差异, 并对不同类别的区县增强抵抗力提出针对性建议, 缓解热浪事件频发的不良影响。

1 研究区域、数据与方法

1.1 研究区域

广东省地处中国大陆东南部, 位于 $109^{\circ}45' \sim 117^{\circ}20'E$, $20^{\circ}09' \sim 25^{\circ}31'N$, 属于亚热带季风气候。本研究的研究单元为广东省内的各区县, 研究时段为2020年。中山市和东莞市在由县级行政单位升级为市级行政单位后, 管辖的地域范围和管理框架没有改变, 不设区; 同时这2个城市的乡镇和街道的统计数据存在空缺, 故直接以市为单位参与研究。因此, 研究区域包括122个区县和2个市, 但总体上是县级尺度(图1), 后续均以“区县”表达。

1.2 数据介绍

本研究参考已有研究(Yu et al., 2023), 从自然、社会和经济3个层面选取了9个指标参与分析, 指标信息如表1所示。其中, 植被覆盖度数据来源于地球资源数据云平台提供的中国区域逐年250 m 植被覆盖度数据集(<http://www.gis5g.com>), 我们从中选取了2020年的数据, 利用分区统计方法得到每个区县内的植被覆盖度平均值。不透水面数据来源于中国逐年土地覆盖产品(CLCD, Yang et al., 2021), 空间分辨率为30 m, 研究采用分区统计方法得到2020年各个区县内的不透水面占比。社会和经济指标数据来源于第七次全国人口普查数据、《中国县域统计年鉴2021》和各区县2020或2021年的统计年鉴。由于各指标的量纲不同, 指标值进行因子分析前需要先进行Z-Score标准化, 计算公式为

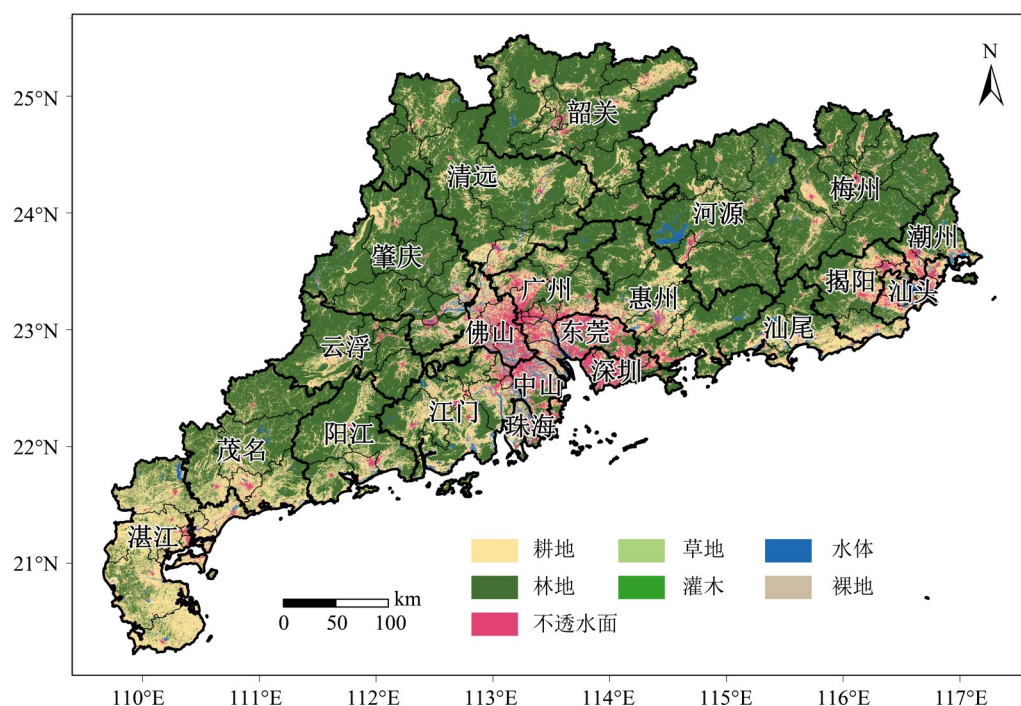


图1 研究区概况

Fig. 1 Characteristics of the study region

表1 抵抗力指标系统

Table 1 Resistance index system

类别	指标	均值	标准差
自然	植被覆盖度/%	86.17	14.39
	不透水面占比/%	15.39	19.01
社会	弱势群体占比(0~14或65岁以上人群)/%	31.72	7.05
	大学文凭人数占比/%	12.86	9.09
	医疗卫生机构床位数	4 264	4 979
经济	地区生产总值/亿元	893.12	1 424.14
	人均地区生产总值/万元	7.54	6.46
	一般公共预算支出/亿元	87.42	105.39
	城镇居民人均可支配收入/万元	3.84	1.50

$$z = (x - \mu) / \sigma,$$

式中 z 为标准化后的指标值, x 为标准化前的指标值, μ 为指标的均值, σ 为指标的标准差。

此外,参与因子分析的指标之间应存在较强的相关性,本研究利用KMO检验和巴特利特球形检验2种方法来检验各指标之间的相关性程度(周泽炯,2010)。检验结果显示,各指标间KMO值为0.82(大于0.8),相关性强;巴特利特球度检验中各指标间的近似卡方为1 423.70,相应概率接近0,表明指标间的相关系数矩阵与单位矩阵有显著差异。因此,研究选取的9个指标适合进行因子分析。

1.3 研究方法

因子分析(factor analysis)是主成分分析的推广和发展,也是一种数据降维方法,其研究相关矩阵或协方差的内部依赖关系,将多个变量综合为少数几个因子,从而再现原始变量与因子之间的相互关系。与主成分分析方法将变量进行线性组合得到主成分不同,因子分析把变量表示为因子的线性组合(何晓群,2008),即

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + \dots + a_{im}F_m + e_i,$$

式中 X_i 为第 i 个变量, F_m 为第 m 个因子, a_{im} 为第 i 个变量的第 m 个因子载荷, e_i 为截距项。

因子分析总体上可分为3步:计算因子载荷、进行因子旋转、计算因子得分。其中因子载荷的计算方法主要有主成分法、主轴因子法、最小二乘法、极大似然法和因子提取法等,本研究选择主成分法。因子旋转可以改变信息量在不同因子上的分布,让提取出的公因子具有实际意义,本研究采用最大方差旋转法,即通过坐标变换使各个因子载荷的方差之和最大。计算因子得分即利用载荷矩阵和标准化值构建因子得分方程并利用最小二乘法求解,计算公式为

$$F_i = b_{i0} + b_{i1}x_1 + b_{i2}x_2 + \dots + b_{in}x_n + e_i,$$

式中 F_i 为第 i 个因子得分, x_n 为第 n 个变量的标准值, b_{i0} 为第 i 个因子得分方程的截距项, b_{in} 为第 i 个因子关于第 n 个变量标准值的系数, e_i 为随机误差。

在得到载荷矩阵后,各因子的贡献度 C_i 可利用因子载荷计算得到,计算公式为

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^2}{n} \times 100\%.$$

因子综合得分 F 为各因子得分以方差贡献率为权重加权求和得到,计算公式为

$$F = \frac{\sum_{i=1}^m C_i F_i}{\sum_{i=1}^m C_i}.$$

本文在计算得到各因子得分和综合得分后,分别利用最大最小归一化将得分拉伸至 $[0,1]$ 以便对比,拉伸后的总得分可视为抵抗力大小,计算公式为

$$Y = \frac{y - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}},$$

式中 Y 表示归一化后的值, y 表示归一化前的值, y_{\min} 表示归一化前的值中的最小值, y_{\max} 表示归一化前的值中的最大值。

2 结果和分析

2.1 热浪抵抗力分析

因子分析结果显示,前3个因子的累计贡献率达到 90.029%,大于 85%,故本研究选取前3个公因子进行分析。3个因子的方差贡献度接近,依次为 37.09%、28.26% 和 24.68%,说明每个因子均代表了部分信息,且信息量接近。根据旋转后的因子载荷矩阵(表2),因子1主要与弱势群体占比、大学文凭人数占比、人均地区生产总值和城镇居民人均可支配收入相关,可反映热浪发生时区县内居民个体的抵抗能力,定义为个体抵抗因子,得分越高说明该区县在个体水平上具有越高的抵抗能力。因子2与医疗卫生机构床位数、地区生产总值和一般公共预算支出相关性较强,反映了区县在公共层面上的热浪事件抵抗能力,定义为公共抵抗因子。因子3与植被覆盖度和不透水面占比相关性较强,定义为自然抵抗因子;其与植被覆盖度负相关而与不透水面占比正相关,但植被覆盖增加能提高对热浪的抵抗能力,不透水面占比增加会加剧热浪风险,因此本研究将因子3得分的相反数作为自然抵抗因子得分。

各个因子得分中排名前10的区县如表3所示。在个体抵抗因子上,前10名的区县均属于广州、深圳和珠海,区县内的个体以中青年为主,受教育水平较高,收入较高,对热浪事件具有较强的抵抗能力。在公共抵抗因子得分排名前十的区县

表2 旋转后的因子载荷矩阵¹⁾

Table 2 The factor load matrix after rotation

指标	因子1	因子2	因子3
植被覆盖度	-0.327	-0.255	-0.889
不透水面占比	0.464	0.282	0.817
弱势群体占比	-0.711	-0.327	-0.420
大学文凭人数占比	0.849	0.151	0.391
医疗卫生机构床位数	-0.002	0.812	0.410
地区生产总值	0.516	0.801	0.198
人均地区生产总值	0.910	0.166	0.138
一般公共预算支出	0.303	0.901	0.110
城镇居民人均可支配收入	0.776	0.361	0.442

1) 加粗数字表示载荷绝对值大于0.7。

表3 因子得分排名
Table 3 Ranking of factor scores

名次	个体抵抗因子		公共抵抗因子		自然抵抗因子	
	区县名	分数	区县名	分数	区县名	分数
1	南山区(深圳)	1.00	东莞市	1.00	黄埔区(广州)	1.00
2	福田区(深圳)	0.86	中山市	0.42	南山区(深圳)	0.95
3	盐田区(深圳)	0.81	龙岗区(深圳)	0.41	盐田区(深圳)	0.91
4	黄埔区(广州)	0.77	宝安区(深圳)	0.37	高明区(佛山)	0.86
5	天河区(广州)	0.66	白云区(广州)	0.35	龙门县(惠州)	0.85
6	香洲区(珠海)	0.62	顺德区(佛山)	0.30	乳源瑶族自治县(韶关)	0.84
7	罗湖区(深圳)	0.61	南海区(佛山)	0.29	从化区(广州)	0.84
8	南沙区(广州)	0.54	越秀区(广州)	0.28	仁化县(韶关)	0.84
9	金湾区(珠海)	0.53	南山区(深圳)	0.27	连南瑶族自治县(清远)	0.84
10	坪山区(深圳)	0.47	黄埔区(广州)	0.27	惠东县(惠州)	0.84

中, 东莞市发展水平高, 且以市为单位参与分析, 体量较大, 得分排名第一并与其他区县拉开了较大的差距; 中山市也以市为单位参与分析, 得分排名第二; 白云区和越秀区拥有较多医疗机构, 是广东省区县中除东莞外, 床位数达到2万个以上的区县, 得分位居第五和第八位; 其他排名前十的区县主要因为经济体量较大而在公共层面上对热浪事件有较强的抵抗能力。在自然抵抗因子上, 得分高的区县植被覆盖度高而不透水面占比低, 如龙门县、乳源瑶族自治县、仁化县等区县植被覆盖度达到98%以上。

基于各因子得分, 我们采用自然断点法分级设色, 分别得到3个因子的得分空间分布图(图2)。对于个体抵抗因子, 得分高的区县集中在广州、深圳和珠海, 而粤东和粤西的区县得分较低。在公共抵抗因子方面, 珠三角核心区得分较高。在自然抵抗因子分数上, 区县之间差异并不明显, 大部分区县生态情况良好; 但珠三角地区的一些老城区由于开发较早, 不透水面占比高而自然抵抗因子得分较低。

综合得分由3个因子得分以方差贡献率为权重加权求和得到, 代表区县的热浪抵抗力, 得分排在前十名的区县大部分属于广州和深圳(表4)。我们同样采用自然断点法分级设色, 绘制了综合得分的空间分布图(图3)。由图3可以观察到, 热浪抵抗力高值集中在珠三角地区, 该地区发展水平高, 在经济、医疗、公共支出等方面都能为热浪抵抗提供有力的支持, 且在年龄结构上以年轻人为主, 学历较高。但珠三角地区和潮汕地区内的部分老城区由于植被覆盖不足和经济上人均获取较少, 对热浪的抵抗能力较弱。

2.2 基于因子得分的特征组合分析

在得到归一化后的各因子得分和综合得分后, 本研究对4种得分分别排序, 将每种得分中前50%的分数视为高值, 记为“H”; 后50%的分数视为低值, 记为“L”。然后, 各区县将得到由高/低值标签构成的特征组合, 如“H-H-H-H”代表3个因子得分和综合得分均为高值, 而“H-H-L-H”代表个体抵抗因子得分、公共抵抗因子得分和综合得分为高值, 自然抵抗因子得分为低值。

表4 因子综合得分排名
Table 4 Ranking of comprehensive factor scores

名次	区县名	分数	名次	区县名	分数	名次	区县名	分数
1	南山区(深圳)	1.00	6	盐田区(深圳)	0.68	11	增城区(广州)	0.51
2	东莞市	0.91	7	天河区(广州)	0.64	12	高明区(佛山)	0.51
3	黄埔区(广州)	0.89	8	罗湖区(深圳)	0.61	13	宝安区(深圳)	0.50
4	福田区(深圳)	0.75	9	南沙区(广州)	0.59	14	花都区(广州)	0.48
5	龙岗区(深圳)	0.70	10	香洲区(珠海)	0.55	15	从化区(广州)	0.46

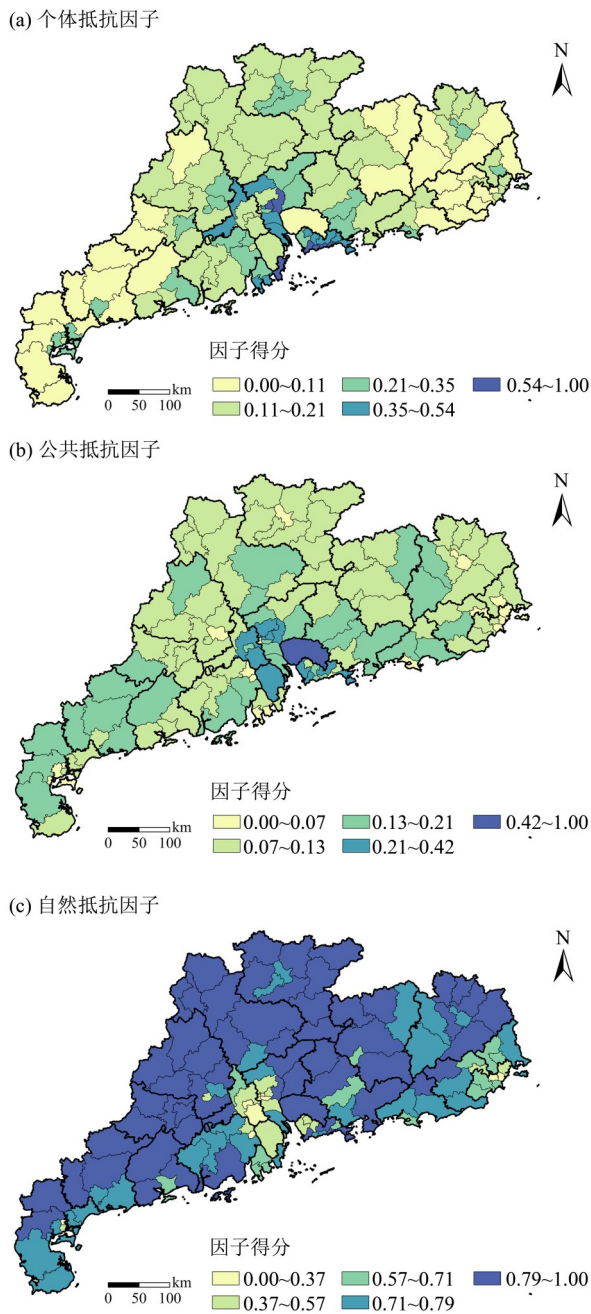


图2 三类因子得分的空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of (a) individual resistance factor, (b) public resistance factor, (c) natural resistance factor scores

特征划分结果显示, 研究区各区县可分为 13 种特征组合类型, 不存在“H-H-H-L”“H-L-H-L”和“L-L-L-H”这 3 种类型(图 4)。其中, 属于“H-H-H-H”和“L-L-L-L”的区县均只占 4.84%, 说明大部分县的特征组合中同时存在高值和低值。此外, 属于“H-H-L-H”和“L-L-H-L”的区县占比最大, 分别占据 12.10%, 前一类区县在社会经济上发展程度高, 但忽略了生态保护, 植被覆盖度较低; 后一类区县生态情况良好, 但在社

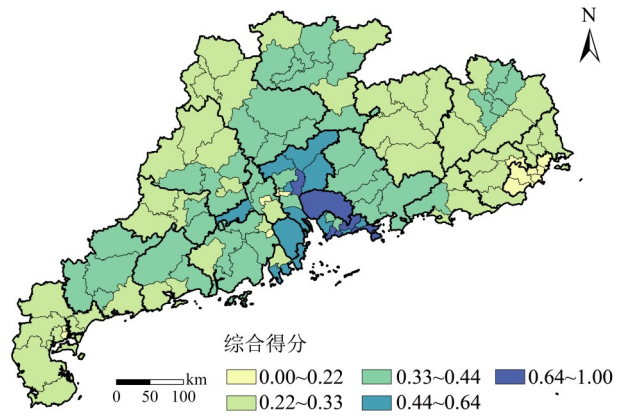


图3 因子综合得分的空间分布情况

Fig. 3 Spatial distribution of factor comprehensive scores

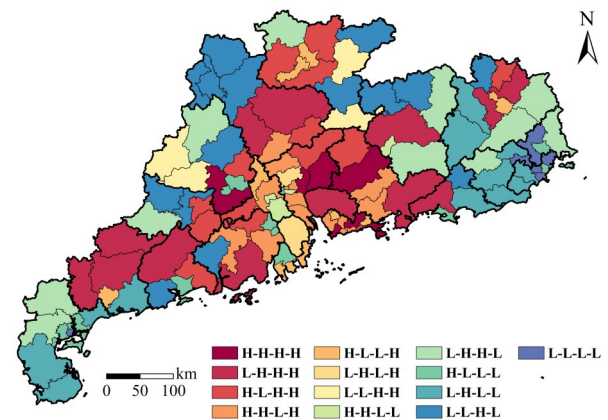


图4 基于因子得分的特征组合空间分布情况

Fig. 4 Spatial distribution of feature combinations based on factor scores

会经济方面发展较差, 总体上对热浪事件的抵抗力弱。

2.3 基于特征组合的类别分区

根据各区县的特征组合, 本研究对区县进行分类, 将特征组合为“H-H-H-H”的区县定义为抵抗力强劲区, 特征组合为“L-L-L-L”的区县定义为抵抗力脆弱区; 对于同时拥有高值和低值标签的区县, 我们根据一个区县中的 3 个因子得分排名的相对高低进行定义, 即在 3 个因子得分中, 个体抵抗因子得分排名最低的区县定义为个体抵抗力提高区, 公共抵抗因子得分排名最低的区县定义为公共抵抗力提高区, 自然抵抗因子得分排名最低的区县定义为自然抵抗力提高区(图 5)。分类结果和相应建议如下:

1) 抵抗力脆弱区。该类区县占比 4.84%, 主要位于潮汕地区, 人口老龄化较为严重, 教育水平较低, 经济发展水平较低, 且植被覆盖度低,

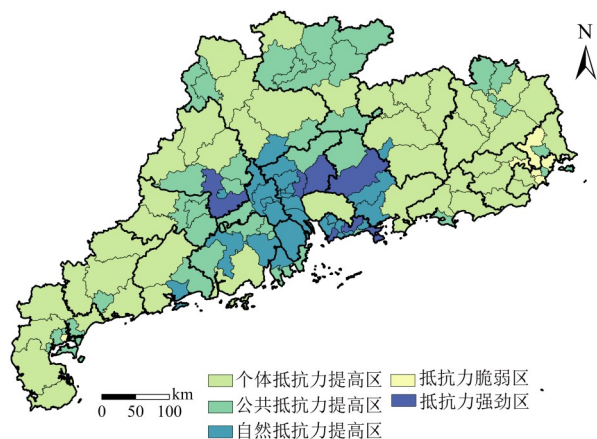


图5 抵抗力分区的空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of resistance zones

对热浪事件的抵抗力弱。该类区县应在不破坏生态的前提下重点关注经济发展,因为经济发展是发展中的基础与核心。

2) 个体抵抗力提高区。该类区县占比最大,达到36.29%,主要分布在粤东、粤西和粤北,特点在于区县内老龄化严重、教育水平低、人均收入低,但在其他因子上有较好的表现。该类区县需要重点关注教育水平的提升,带动个体收入增加。

3) 公共抵抗力提高区。该类区县占比31.45%,区身体量小,能提供的床位较少,公共预算支出较低。该类区县应重点关注基础设施建设,做好需求分析,在公共服务上为热浪事件抵抗提供更多支持。

4) 自然抵抗力提高区。该类区县占比22.58%,主要位于珠三角地区,其中大部分区县经历快速的城市扩张,不透水面占比高而植被覆盖度低,需要重点关注生态建设,增加城市绿地

面积。

5) 抵抗力强劲区。该类区县占比4.84%,主要为广州和深圳的部分区县,在各个方面对热浪事件均有较强的抵抗力,需要保持优势,坚持可持续发展。

此外,不同区县之间需要协同发展,以强带弱,取长补短,共同推动广东省整体热浪抵抗能力的提高。

3 结论

本研究基于因子分析,从自然、社会、经济指标中提取到3个公因子,定量描述了广东省各区县的热浪抵抗力,探讨了各区县对热浪事件的抵抗力差异。3个因子分别为个体抵抗因子、公共抵抗因子和自然抵抗因子,累计方差贡献率达到90.029%,对原始指标具有较好的代表性。研究发现,热浪事件抵抗能力强的区县主要位于广州、深圳、东莞、佛山、珠海等5个广东省核心城市,发展水平高,经济实力强,能够在热浪事件发生时提供足够的医疗资源和经济支持,做好抵抗;同时,珠三角地区的区县对热浪事件的抵抗能力显著较粤东、粤西、粤北的区县强。基于因子得分进行特征组合,结果显示大部分区县的特征组合同时存在高值和低值,即在部分因子上表现较优而在部分因子上表现较差。根据区县的特征组合,广东省内的区县可分为五类,分别是抵抗力脆弱区、个体抵抗力提高区、公共抵抗力提高区、自然抵抗力提高区和抵抗力强劲区,其中个体抵抗力提高区占比最大。各区县应明确自己的优缺点,保持优势,补齐短板,可以在保护生态环境的前提下由发展经济这一基础出发,逐步提高对越发频繁出现的热浪事件的抵抗力。

参考文献:

陈俊梁,林影,史欢欢,2020.长三角地区乡村振兴发展水平综合评价研究[J].华东经济管理,34(3):16-22.

郭岩,陈文斌,2021.基于因子分析法的地方政府重视生态文明建设程度评价研究——以黑龙江省为例[J].生态经济,37(12):218-223.

何苗,徐永明,莫亚萍,等,2023.基于多源遥感数据的北京市高温热浪风险综合评估[J].地理科学,43(7):1270-1280.

何晓群,2008.多元统计分析[M].2版.北京:中国人民大学出版社:192-205.

欧阳骅,戴作元,2000.中暑的发病机理及其预防措施[J].解放军预防医学杂志,(2):149-151.

潘梅竹,许慧慧,东春阳,等,2018.2013—2016年上海市居民中暑死亡病例的发病特征[J].环境与职业医学,35(9):825-829.

薛倩,谢苗苗,郭强,等,2020.地理学视角下城市高温热浪脆弱性评估研究进展[J].地理科学进展,39(4):685-694.

袁萌,2019.广东省县域经济差异及其影响因素研究[D].广州:暨南大学.

翟盘茂,余荣,周佰铨,等,2017.1.5°C增暖对全球和区域影

- 响的研究进展[J]. 气候变化研究进展, 13(5):465-472.
- 张宏远, 毛泽见, 朱国军, 2020. 基于因子分析的长三角中心城市创新力研究[J]. 南京工业大学学报(社会科学版), 19(6):99-110+112.
- 张平, 延军平, 李英杰, 等, 2018. 1960—2015年两广地区夏季高温热浪变化特征[J]. 浙江大学学报(理学版), 45(1):73-81.
- 周泽炯, 2010. 基于因子分析的县域经济竞争力研究——以安徽县域经济为例[J]. 经济体制改革, (3):148-151.
- EBI K L, CAPON A, BERRY P, et al, 2021. Hot weather and heat extremes: Health risks [J]. Lancet, 398 (10301) : 698-708.
- HU K J, YANG X C, ZHONG J M, et al, 2017. Spatially explicit mapping of heat health risk utilizing environmental and socioeconomic data[J]. Environ Sci Technol, 51(3) : 1498-1507.
- JI J S, XI D, HUANG C R, 2023. Building resilience in heatwaves[J]. Nat Med, 29(7) : 1613-1614.
- LIAO W L, WANG D G, LIU X P, et al, 2017. Estimated influence of urbanization on surface warming in Eastern China using time-varying land use data [J]. Int J Climatol, 37 (7) : 3197-3208.
- MURTIHOVÁ V, GALLAY I, OLAH B, 2022. Mitigating effect of urban green spaces on surface urban heat island during summer period on an example of a medium size town of Zvolen, Slovakia [J]. Remote Sens, 14 (18) : 4492.
- PERKINS S E, ALEXANDER L V, NAIRN J R, 2012. Increasing frequency, intensity and duration of observed global heatwaves and warm spells[J]. Geophys Res Lett, 39(20) : L20714.
- ROMANELLO M, Di NAPOLI C, GREEN C, 2023. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms[J]. Lancet, 402(10419) : 2346-2394.
- WANG J, CHEN Y, LIAO W L, et al, 2021. Anthropogenic emissions and urbanization increase risk of compound hot extremes in cities[J]. Nat Clim Change, 11 : 1084-1089.
- YANG J, HUANG X, 2021. The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019[J]. Earth Syst Sci Data, 13(8) : 3907-3925.
- YU L X, LIU Y, LIU T X, et al, 2020. Impact of recent vegetation greening on temperature and precipitation over China [J]. Agric For Meteorol, 295 : 108197.
- YU S Y, KONG X S, WANG Q, et al, 2023. A new approach of Robustness-Resistance-Recovery (3Rs) to assessing flood resilience: A case study in Dongting Lake Basin [J]. Landsc Urban Plan, 230 : 104605.

(责任编辑 秦社彩)

· 简讯 ·

增强出版启事

本刊鼓励论文作者提供电子文档附加材料进行网络增强出版, 附加材料将随正文一同发布于网络, 以二维码识别查看和下载。附加材料作为论文的一部分, 应是支撑论文主要内容或与之直接相关的辅助材料。这些电子文档有助于同行专家评审及读者阅读、理解和使用, 但由于篇幅或文档格式(音频、视频、程序等)限制而未能呈现在印刷版当中。

附加材料包括但不限于附录、表格、图片、视频、音频、数据、程序等类型的电子文档。投稿时, 请将可书面呈现的附加材料附在正文之后; 不能书面呈现的附加材料, 如音频、视频、程序等, 请作为附件打包上传到投稿系统。同时, 请将附件材料按照与论文主体实际相关的顺序分类别独立进行编号, 例如附图1、附图2、……; 附表1、附表2……; 附录1、附录2……等。

《中山大学学报(自然科学版中英文)》编辑部