

多尺度城市体检健康指数的空间分布特征 及其驱动因素

——以丽水市莲都区为例

喻国强¹, 丁 严², 田 冉^{1,2}, 张 伦², 孙毅中²

(1. 宁波市鄞州区规划设计院, 浙江 宁波 315192)

(2. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023)

[摘要] 以丽水市莲都区为例, 从街道、社区尺度构建城市体检指标体系, 基于熵权法计算城市体检健康指数, 并对不同尺度下健康指数的空间分布特征及其驱动因素进行分析, 结果表明: (1) 社区大多分布在健康指数较高的街道, 并且社区与街道健康指数的大小具有一定的一致性; (2) 街道尺度上, 生态宜居和健康舒适方面的因子影响最强, 社区尺度则为安全韧性和交通便捷方面, 并且在 2 个尺度上, 各主导因子之间均存在双因子增强的相互作用; (3) 主导因子影响作用最大的区域, 也是城市体检健康指数的高值区域。

[关键词] 城市体检, 健康指数, 熵权法, 驱动因素

[中图分类号] TU984 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2023)02-0054-07

The Spatial Distribution Characteristics of Multi-Scale City Health Examination Index and Its Driving Factors: a Case Study of Liandu District, Lishui City

Yu Guoqiang¹, Ding Yan², Tian Ran^{1,2}, Zhang Lun², Sun Yizhong²

(1. Ningbo Yinzhou Planning & Design Institute, Ningbo 315192, China)

(2. School of Geography, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Taking Liandu District of Lishui City as an example, a city health examination index system from street and community scales is constructed, and then the city health examination index is calculated based on the entropy weight method. The spatial distribution characteristics of city health examination index and its driving factors at different scales are analyzed, the results show that: (1) Communities are mostly distributed in streets which have higher index values, and the magnitude of the index values of community and street is in a certain consistency. (2) The factors of ecological livability and health and comfort have the strongest influence at the street scale, while the aspects of safety and resilience and convenient transportation are at the community scale. Moreover, at both scales, there is a two-factor enhanced interaction between the dominant factors. (3) The region where the dominant factor has the greatest effect is also the region with high values of the city health examination index.

Key words: city health examination, health index, entropy weight method, driving factor

城市体检有助于把握城市发展状态, 监测城市运行状况, 发现城市病, 提升城市治理水平, 推动城市高质量发展, 改善城市居民生活品质^[1-4]。住建部发布的《2021 年城市体检指标体系》, 从生态宜居、健康舒适、安全韧性、交通便捷、风貌特色、整洁有序、多元包容、创新活力 8 个方面, 提出了 65 个体检指标。城市体检通常有“城市—城区—街道—社区”4 个层级^[5-6], 在实际运用中, 由于不同尺度关注的侧重点不同, 具体的指标体系存在差异^[7-11]。学者们从城市尺度^[12-13]、城区尺度^[14]、街道尺度^[15]和社区尺度^[16]构建城

收稿日期: 2022-07-29.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671392、41871297)、自然资源部国土卫星遥感应用重点实验室开放基金资助(KLSMNR-K202210)。

通讯作者: 孙毅中, 教授, 博士生导师, 研究方向: 时空数据分析与城市规划。E-mail: sunyizhong_cz@163.com

市体检指标体系,并通过主观权重确定法^[17-18]、客观权重确定法^[19-20]确定指标权重。然而,现有研究多侧重单一尺度城市体检,而多尺度城市体检指标体系的构建、不同尺度体检的空间差异的指标研究较少。为此,本文以丽水市莲都区为例,从街道和社区2个尺度构建城市体检指标体系,采用客观权重确定法中具有较高可信度的熵权法计算城市体检健康指数,进而通过识别不同尺度下影响健康指数的主导因子,探讨各因子对健康指数的作用及其协同效应,以期为多尺度的城市体检方法提供支持。

1 数据与方法

1.1 研究区概况及数据来源

丽水市莲都区地处丽水市东北部,是丽水市的政治经济文化中心(图1)。区域总面积为1 502 km²,常住人口46.7万人,下辖5个乡、4个镇、6个街道。文中所用数据的来源为哨兵2号卫星遥感影像、普查数据,以及由丽水市相关部门提供的文本数据,年份为2020年。

1.2 研究方法

针对反映不同尺度的空间评价单元特征,通过指标筛选分别构建街道、社区尺度的城市体检指标体系,采用熵权法确定指标权重,进而计算各尺度下的城市体检健康指数,并针对健康指数在街道和社区的差异,基于地理探测器对影响健康指数的主要驱动因子进行识别,分析各因子的作用及其协同效应(图2)。

(1)城市体检指标体系构建。鉴于R型分层聚类分析法能够将相似度高的变量聚合成若干类、变异系数分析法能够通过变异系数的大小反映指标在空间尺度中的分布差异性,选择R型分层聚类分析法与变异系数分析法对城市体检指标进行定量筛选^[21]。

(2)城市体检健康指数计算。采用熵权法,根据熵值大小确定指标权重^[22]。基于熵权计算城市体检健康指数,计算公式如下:

$$Y = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot x_i, \tag{1}$$

式中:Y为城市体检健康指数;n为总的指标个数; ω_i 为指标对应的权重; x_i 为指标的值。

(3)主导因子识别。运用地理探测器^[23]中的分异及因子探测、交互作用探测、风险区探测,分析城市体检健康指数影响因子的驱动力,计算公式如下:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2}, \tag{2}$$

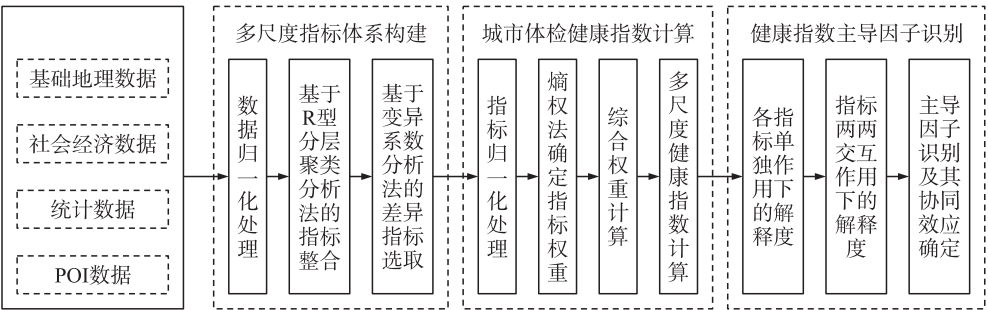


图2 城市体检健康指数的空间分布特征及主导因子研究框架

Fig. 2 The framework for research on the spatial distribution characteristics and dominant factors of city health examination index

式中: $h=1,\cdots,L$,为自变量或因变量的分区数; N,N_h 分别为全区和层 h 的单元数; σ^2,σ_h^2 分别为全区和层 h 的因变量值的方差. q 的值域为 $[0,1]$,值越大,说明影响因子对要素的解释度越大.

交互作用探测用于分析影响因子两两结合时的共同作用是否增加或减弱了对因变量的解释度,风险区探测用于判断不同区域的属性均值是否有显著差别^[23-24].

由于地理探测器输入的自变量数据需为类型量,因此需对数值量进行离散化处理. 利用 R 语言 GD 包^[25]中的 optdisc,根据 q 值的大小选择最优的离散方法和分类数量.

2 结果与分析

2.1 多尺度体检指标体系构建

以丽水市莲都区为例,针对城市体检的街道、社区尺度空间单元特点,结合住建部发布的《2021 年城市体检指标体系》中 8 个方面的 65 个体检指标,利用 R 型分层聚类分析法进行指标的整合,通过变异系数分析法进行空间差异指标的选取,实现对城市体检指标体系的构建. 其中,街道尺度有 17 个指标(表 1),社区尺度有 8 个指标(表 2),并对指标进行编号.

表 1 街道尺度下城市体检指标的熵值与熵权
Table 1 Entropy values and weights of city health examination index at street scale

体检指标	编号	熵值	熵权
人口密度超过 1.5 万人/km ² 的城市建设用地规模	X1	0.406 3	0.150 3
城市生态廊道达标率	X2	0.846 5	0.038 8
城市绿道服务半径覆盖率	X3	0.575 9	0.107 3
城市环境噪声达标地段覆盖率	X4	0.847 1	0.038 7
社区老年服务站覆盖率	X5	0.843 0	0.039 7
普惠性幼儿园覆盖率	X6	0.846 0	0.039 0
社区卫生服务中心门诊分担率	X7	0.892 7	0.027 2
人均社区体育场地面积	X8	0.742 8	0.065 1
社区低碳能源设施覆盖率	X9	0.884 7	0.029 2
老旧小区改造达标率	X10	0.812 0	0.047 6
城市可渗透地面面积比例	X11	0.866 0	0.033 9
人均避难场所面积	X12	0.775 1	0.056 9
城市二级及以上医院覆盖率	X13	0.511 5	0.123 6
城市标准消防站及小型消防站覆盖率	X14	0.873 1	0.032 1
城市道路网密度	X15	0.871 3	0.032 6
专用自行车道密度	X16	0.564 1	0.110 3
实施专业化物业管理的住宅小区占比	X17	0.890 5	0.027 7

表 2 社区尺度下城市体检指标的熵值与熵权
Table 2 Entropy values and weights of city health examination index at community scale

体检指标	编号	熵值	熵权
城市绿道服务半径覆盖率	Y1	2.030 8	0.233 7
人口密度超过 1.5 万人/km ² 的城市建设用地规模	Y2	1.718 9	0.163 0
人均社区体育场地面积	Y3	1.174 4	0.039 5
社区卫生服务中心门诊分担率	Y4	1.718 9	0.163 0
城市内涝积水点密度	Y5	1.123 8	0.028 1
城市二级及以上医院覆盖率	Y6	1.910 5	0.206 4
人均避难场所面积	Y7	1.192 3	0.043 6
专用自行车道密度	Y8	1.542 1	0.122 9

2.2 城市体检指标的熵权确定

根据街道尺度下城市体检指标的熵值和熵权计算结果(表 1)可知,17 个指标中,熵值高的为 X7、X17、X9、X14 和 X15,这些指标所含的信息量相对较少,在指标体系中的重要性较低. 生态宜居、安全韧性、交通便捷方面的 4 个指标具有较高的熵权,分别是 X1、X13、X16 和 X3,其中人口密度超过 1.5 万人/km² 的

城市建设用地规模(X1)的熵权最高,为0.150 3。

根据社区尺度下的熵权计算结果(表2)可知,熵权最高的为Y1(0.233 7),其次为Y6(0.206 4)、Y2(0.163 0)、Y4(0.163 0)和Y8(0.122 9)。其中社区卫生服务中心门诊分担率(Y4)的熵权相较街道尺度时(0.027 2)有较大变化。社区尺度与街道尺度中均有较高熵权的4个指标在具体的权值和重要性上存在着不同,城市绿道服务半径覆盖率在街道尺度中的熵值为0.575 9,熵权为街道4个指标中最低,但在社区尺度下熵值为2.030 8,熵权为最高。相较于街道尺度,社区尺度上不同的指标均有较大熵值。在不同尺度下,相同指标包含的信息量及在指标体系中的重要性存在着不同。

2.3 不同尺度下的城市体检健康指数计算

基于街道尺度下各体检指标的熵权,计算6个街道的城市体检健康指数。为使健康指数分级后,各级中的内部相似性和外部差异性达到最大,选择ArcGIS中的自然断点法对城市体检健康指数进行等级划分。从图3(a)中可知,街道尺度的城市体检健康指数最大的为万象街道(0.765 5),最小的为岩泉街道(0.295 2)和联城街道(0.241 1),说明在多种指标的综合作用下,万象街道发展较为良好,而岩泉街道和联城街道的城市体检指标体系中存在着一种或几种指标的数值较低,使得城市发展存在短板。图3(b)为41个社区的城市体检健康指数计算结果,可以看出城市体检健康指数较高的社区多集中在区域东部。从街道与社区的行政关系上看,社区大多位于健康指数较高的街道,在健康指数最低的联城街道仅分布有2个社区。从数值上看,街道和社区健康指数的数值大小具有一定的一致性,联城街道2个社区的健康指数分别位于6个社区健康等级中的第4级和第6级,而万象街道作为健康指数最高的街道,街道内社区多位于社区健康等级中第1级和第2级。41个社区中城市体检健康指数较高的社区为位于紫金街道的大洋河社区(0.434 8)和滨苑社区(0.326 5)、岩泉街道的天宁社区(0.345 8)、万象街道的左渠门社区(0.350 4)和大水门社区(0.314 1)。

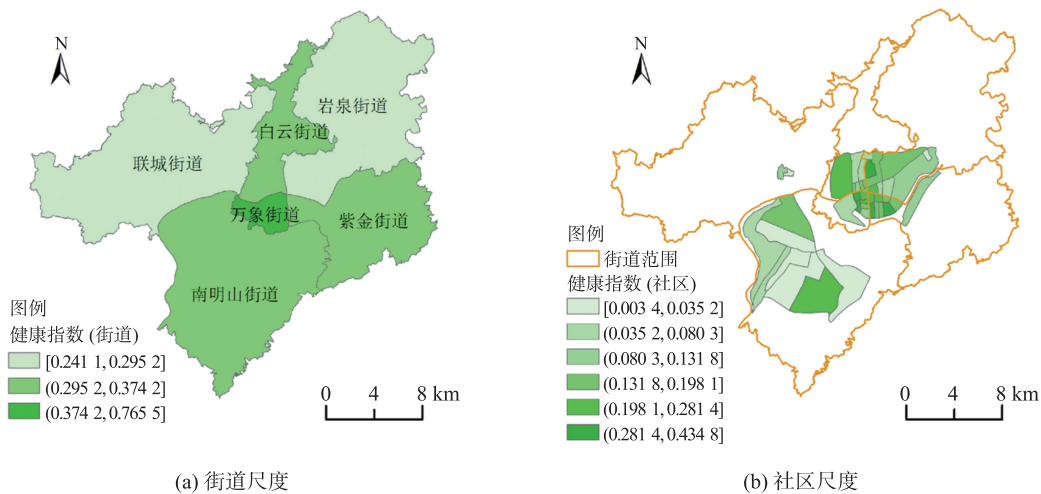


图3 不同尺度下城市体检健康指数
Fig. 3 City health examination index at different scales

2.4 城市体检健康指数空间分异的主导因子探测

多个影响因子的共同作用,使得区域内的城市体检健康指数存在显著差异。利用地理探测器对不同尺度下的主导因子及主导因子之间的协同作用进行分析,探索影响城市体检健康指数分异的原因。

街道尺度下,采用分异及因子探测对17个影响因子进行分析,结果见图4(a),生态宜居(X1、X3)、健康舒适(X6、X7、X10)、安全韧性(X13)、交通便捷(X16)、整洁有序(X17)5个方面的因子对街道尺度的城市体检健康指数有着较大影响,其中生态宜居和健康舒适方面的因子影响最强。X1、X3、X6、X7、X10、X13、X16、X17,即为街道尺度下影响城市体检健康指数空间分布的主导因子。通过交互作用探测对主导因子的共同作用进行分析,结果见图4(b)。各主导因子之间均存在相互增强的交互作用,即因子两两结合所发挥的共同作用均大于其分别作用的最大值。任意两个指标的共同作用都会使得健康指数增大,其中普惠性幼儿园覆盖率(X6)、老旧小区改造达标率(X10)、实施专业化物业管理的住宅小区占比(X17)交互作用时的q值最大,为0.998。

由图 4(c)可知,社区尺度上,生态宜居(Y2)、健康舒适(Y4)、安全韧性(Y5、Y6)和交通便捷(Y8)方面的因子对城市体检健康指数解释度较高,上述 5 个指标即为社区尺度下健康指数的主导因子. 安全韧性和交通便捷对于社区尺度的城市健康较为重要. 交互作用探测结果(图 4(d))显示,社区尺度中各因子之间均存在相互增强的交互作用,其中 Y3 和 Y7 与其他因子的交互作用为非线性增强,即因子共同作用大于其单独作用之和. 这意味着可通过提升任意因子的值,特别是人均社区体育场地面积和人均避难场所面积,以提高城市健康程度.

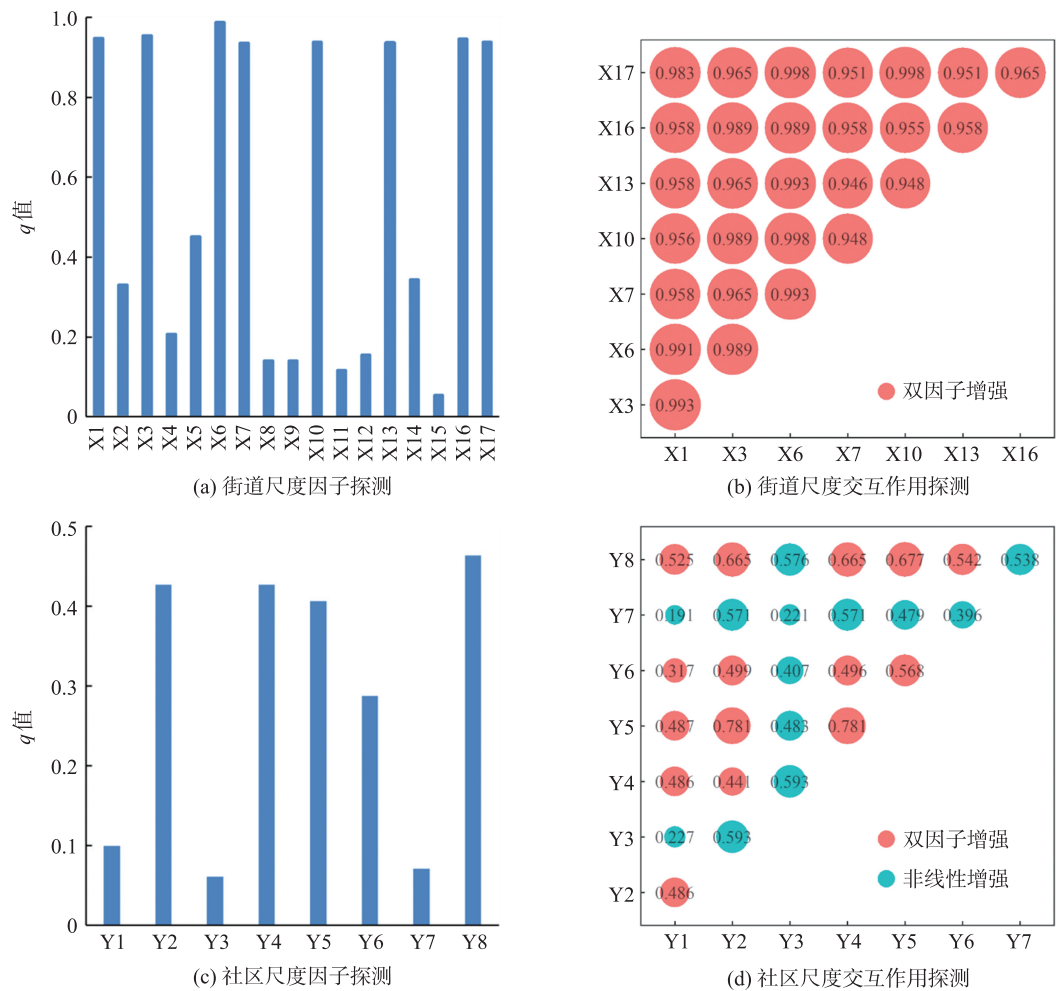


图 4 不同尺度下城市体检健康指数的主导因子及其交互作用

Fig. 4 Dominant factors of city health examination index and their interactions at different scales

2.5 主导因子风险区探测

在确定主导因子的基础上,运用风险区探测确定各因子的主要影响区域,即风险区. 由图 5(a)可知,人口对城市体检健康指数的主要影响体现在北建成区的南部区域,该因子的主要影响社区为左渠门社区、大水门社区、大洋河社区等,该区域同时也是社区卫生服务中心门诊分担率的主要影响区域(图 5(b)). 与其他因子主要影响区域的分布特征不同,城市内涝积水点密度的风险区呈零散分布,包含左渠门社区、大水门社区、大洋河社区和滨苑社区等(图 5(c)). 城市二级及以上医院覆盖率的主要影响区域基本为北建成区全区(图 5(d)),未包含的灵山寺社区有着较低的健康指数,该社区不属于 5 个主导因子中任意因子的主要影响区域. 图 5(e)中,专用自行车道密度对城市体检健康指数的影响主要体现在北建成区的中部区域,包含左渠门社区、大洋河社区、滨苑社区、天宁社区等. 根据交互作用探测结果可知,5 个主导因子之间存在着相互增强的作用,将上述 5 个风险区叠加,得到综合作用的风险区识别结果,如图 5(f). 同时属于 5 个主导因子主要影响区域的社区为大洋河社区和左渠门社区. 综合风险区显示,各主导因子的主要影响区域均分布在北建成区,呈聚集分布.

在主导因子综合作用下,风险区等级较高的区域与城市体检健康指数的高值区域大致相同,并且分布

特征均呈聚集分布. 大洋河社区和左渠门社区的城市体检健康指数均位于 6 个健康分级中的最高一级. 人口密度超过 1.5 万人/ km^2 的城市建设用地规模、社区卫生服务中心门诊分担率、城市内涝积水点密度、城市二级及以上医院覆盖率、专用自行车道密度对于社区的健康有着重要作用,根据交互作用探测结果可知,对其中任意指标的提升,都有助于整个区域健康指数的提高.

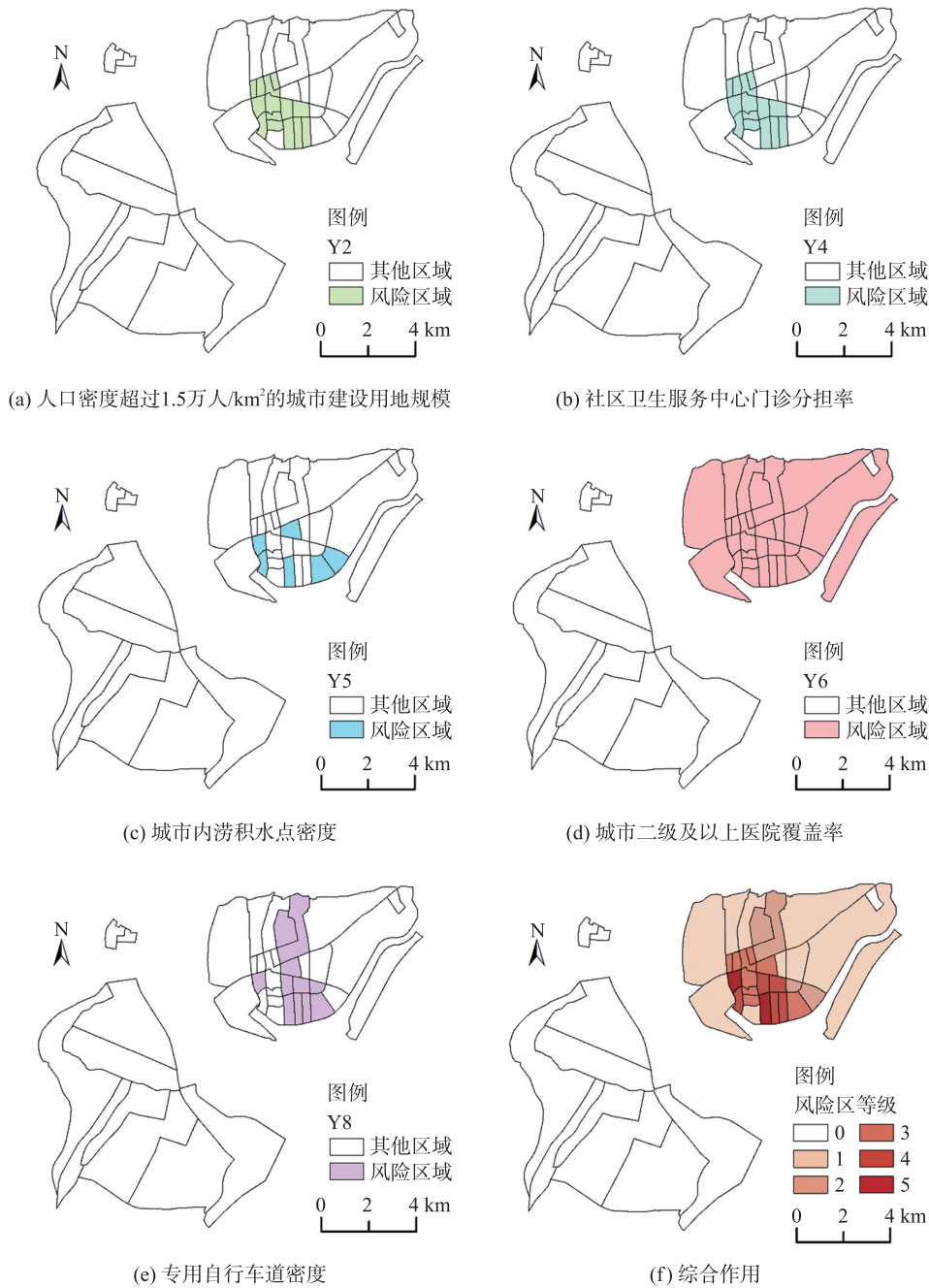


图 5 主导因子风险区识别
Fig. 5 Identification of dominant factor risk regions

3 结论

本文以丽水市莲都区为例,构建综合反映街道、社区尺度空间差异性的城市体检指标体系,基于熵权法计算城市体检健康指数,通过因子探测、交互作用探测、风险区探测明确不同尺度下城市体检健康指数的主导因子及其协同作用. 研究主要结论如下:

(1)社区大多分布在健康指数较高的街道,并且社区与街道的健康指数大小具有一定的一致性. 在健康指数最低的联城街道仅分布有 2 个社区,并且这 2 个社区分别位于 6 个健康等级中的第 4 级和第 6 级;

万象街道作为健康指数最高的街道,街道内社区多位于健康等级中第1级和第2级。

(2)街道尺度上,生态宜居和健康舒适方面的因子影响最强;社区尺度上,安全韧性和交通便捷则更为重要。在2个尺度上,各主导因子之间均存在双因子增强的相互作用,即因子的交互作用大于其单独作用的最大值。任意因子的提高,都能促使整个区域健康指数的提升。

(3)主导因子影响最大的区域也是城市体检健康指数的高值区域。大洋河社区和左渠门社区位于5个主导因子的主要影响区域,在城市健康等级中均属于最健康的等级。主导因子综合作用较大的社区与健康指数较高的社区较为一致,并且呈聚集分布。

[参考文献]

- [1] 李栋. 政策评估视角下城市体检概念辨析与再认识[J]. 上海城市规划,2022,162(1):8-15.
- [2] 张乐敏,张若曦,黄宇轩,等. 面向完整社区的城市体检评估指标体系构建与实践[J]. 规划师,2022,38(3):45-52.
- [3] 马文军,李亮,王奕曾,等. 面向健康安全高密度城市治理的社区生活圈体检评估[J]. 同济大学学报(自然科学版),2022,50(11):1628-1636.
- [4] 庞国戡,蒋海勇,黄瓚,等. 次优理论下的市县级城市体检策略与诊断实践——以梧州市为例[J]. 规划师,2022,38(9):117-122.
- [5] 何炬,张文忠,曹靖,等. 多源数据在城市体检中的有机融合与应用——以北京市为例[J]. 地理科学,2022,42(2):185-197.
- [6] 杨艺,李国平,孙瑀,等. 国内外大城市体检与规划实施评估的比较研究[J]. 地理科学,2022,42(2):198-207.
- [7] 王学栋,朱佩娟,王楠,等. 人居环境视角下多级协同的城市体检模式研究[J]. 规划师,2022,38(3):12-19.
- [8] 杨婕,柴彦威. 城市体检的理论思考与实践探索[J]. 上海城市规划,2022,162(1):1-7.
- [9] 伍江,王信,陈烨,等. 超大城市城市体检的挑战与上海实践[J]. 城市规划学刊,2022,270(4):28-34.
- [10] 单卓然,安月辉,袁满,等. 中国与英国城市体检评估工作的对比解析及政策建议[J]. 规划师,2022,38(3):53-60.
- [11] 林润泽,邹诚,王梓凌,等. 基于多源数据的城市中心区域街道活力与美景度研究——以福州市鼓楼区为例[J]. 南京师大学报(自然科学版),2021,44(3):63-69.
- [12] 詹美旭,魏宗财,王建军,等. 面向国土空间安全的城市体检评估方法及治理策略——以广州为例[J]. 自然资源学报,2021,36(9):2382-2393.
- [13] 肖扬谋,谢波,陈宇杰.“以人为本”视角下的城市体检逻辑与优化策略[J]. 规划师,2022,38(3):28-34.
- [14] 孔令彦,关丽,丁燕杰,等. 空间大数据支持下的城市区域评估及其关键技术[J]. 测绘通报,2017(8):100-105.
- [15] 徐勤政,何永,甘霖,等. 从城市体检到街区诊断——大栅栏城市更新调研[J]. 北京规划建设,2018(2):142-148.
- [16] 杨静,吕飞,史艳杰,等. 社区体检评估指标体系的构建与实践[J]. 规划师,2022,38(3):35-44.
- [17] 韩艳. 村镇宜居社区评价及应用研究[D]. 北京:北京交通大学,2015.
- [18] 王腾,宋知达,姜冬睿,等. 知识图谱驱动的多类型城市体检协同方法研究[J]. 上海城市规划,2022,162(1):25-31.
- [19] 杨大伟,康琦,何雅兰,等. 碳中和目标下的城市土地集约利用评价——基于DPSIR模型的西安市探索[J]. 国土资源科技管理,2022,39(1):69-80.
- [20] 宫攀,张梁. 标度律视角下城市体检评估与地区差异研究[J]. 城市问题,2022,325(8):24-35.
- [21] 周立斌,李刚,迟国泰. 基于R聚类-变异系数分析的人的全面评价发展评价指标体系构建[J]. 系统工程,2010,28(12):56-63.
- [22] 李秀霞,张希. 基于熵权法的城市化进程中土地生态安全研究[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(9):13-17.
- [23] 王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报,2017,72(1):116-134.
- [24] 卢海滨,孙毅中,李昉,等. 基于空间层次单元协同模式的“两规”用地差异性研究[J]. 南京师大学报(自然科学版),2018,41(3):138-144.
- [25] SONG Y, WANG J, GE Y, et al. An optimal parameters - based geographical detector model enhances geographic characteristics of explanatory variables for spatial heterogeneity analysis: cases with different types of spatial data[J]. GIScience & remote sensing,2020,57(5):593-610.

[责任编辑:丁 蓉]