

艺术设计与科学

2021 年 11 月第 1 卷第 1 期

城市健康环境模式量化评估及其治理策略研究

林正松 邱 裕

武汉工程大学艺术设计学院, 武汉

摘 要: 新冠肺炎疫情的爆发, 不仅影响人们生产生活方式、社会经济和城市健康发展, 还折射出大都市扩张过程中滋生严重的城市病问题, 给人类生存环境带来了严峻的挑战与考验。研究以国家统计局、近期遥感影像和室内外实验数据为基础, 通过层次分析法和内梅罗指数法, 构建后疫情时代大都市发展的健康环境综合评价体系, 并提出应对城市病问题的治理措施。研究结果如下: (1) 根据灰色统计法和 AHP 法构建健康环境模式的量化评估模型; (2) 运用内梅罗指数法判断了环境质量和医疗卫生环境等是影响城市健康环境的主要决策指标, 并依据环境因子指数大小进行排序; (3) 以评估模型测算结果验证构建健康环境模式的可行性, 并依据环境因子指数的排序提出治理决策建议, 为后疫情时代城市化进程中应对类似突发事件提供参考借鉴。

关键词: 健康环境模式; 量化评估; 治理决策; 中国武汉

Research on Quantitative Evaluation of Urban Health Environment Model and Its Governance Strategy

Lin Zhengsong Qiu Yu

School of Art & Design, Wuhan Institute of Technology, Wuhan

Abstract: COVID-19 epidemic has not only affected people's production and lifestyle, social economy, and the healthy development of cities, but also reflected the serious urban diseases that breed in the process of metropolis expansion, and brought severe challenges and tests to the environment. Based on the data from the National Bureau of Statistics, recent remote sensing images, and indoor and outdoor experimental data, this paper uses Analytic Hierarchy Process AHP and Nemerow Index to construct a comprehensive evaluation system for the

基金项目: 基于 AR/VR 全息技术的文旅动漫 IP 设计 (编号: 202002064005)。

通讯作者: 邱裕, 武汉工程大学艺术设计学院副院长、教授, E-mail: qiuYu@wit.edu.cn。

文章引用: 林正松, 邱裕. 城市健康环境模式量化评估及其治理策略研究 [J]. 艺术设计与科学, 2021, 1 (1): 80-92.

<https://doi.org/10.35534/ads.0101011>

development of a healthy environment in metropolises in the post-epidemic era. Then this paper puts forward the treatment measures to deal with the problem of urban disease. The results of the research are as follows: (1) The quantitative evaluation model of healthy environment model is constructed according to the grey statistics method and AHP; (2) Nemerow index is used to judge that environmental quality and medical and health environment are the main decision-making indicators that affect the urban health environment, and the order is ranked according to the size of environmental factor index; (3) Taking the urban disease problem in the urbanization process of Wuhan before the COVID-19 epidemic as an example, the feasibility of constructing a healthy environment model was verified, and Suggestions for governance and decision-making were put forward based on the ranking of environmental factors index, so as to provide reference for dealing with similar major outbreaks in the process of urbanization in the post-epidemic era.

Key words: Healthy environment model; Quantitative evaluation; Governance decision-making; Wuhan, China

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1 引言

COVID-19 疫情暴发, 将高速城市化带来的城市病问题深刻地呈现出来, 而疫情的全球快速蔓延, 说明城市现代化风险将城市与城市之间深层的关联、超大城市的脆弱性和人们对城市健康生活与安全的诉求等问题一一揭示出来。在疫情肆虐阶段, 只有准确量化评估城市环境风险, 才能促进城市应急防控和管理工作的开展, 提升城市抗击各类突发事件的能力。后疫情时代, 在经过重大疫情事件冲击后, 人们更加重视生活工作场所中的环境质量, 健全城市健康系统、提高环境质量和加强城市管理工作成为人们共同关注的新话题。

国际上关于疫情期间的城市环境防控措施, Neelakshi Hudda 等^[1]在美国马萨诸塞州萨默维尔的商业住宅混合社区, 调查了 COVID-19 疫情流行期间社区与交通相关的空气污染物浓度的变化, 认为减少污染气体的排放有助于控制疫情传播速度。Ahmed Rashid 等^[2]分析了美国城市管理工作的滞后性, 提出在疫情防控过程中, 做好城乡分离可以减轻病毒数量的传播。Ghosh Aritra 等^[3]分析了疫情事件在英国伦敦大流行的原因, 他呼吁人们外出时佩戴口罩和保持社交距离。Friesen John 等^[4]认为高密度的聚集区和防疫设施的缺少, 对遏制和控制疫情传播的效果有限, 提出加强城市卫生医疗资源的供给和保持社交距离是控制疫情传播的有效途径。

国内在防控重大疫情传播上的技术手段更加成熟。针对突如其来的 COVID-19 疫情, 中国城市规划和风景园林学科的专家提出了一系列控制疫情, 以及后疫情时代城市规划与管理的构想。石楠等^[5]认为疫情对于全球医疗卫生体系带来巨大挑战, 如何通过现代化的社会治理, 缓解疫情暴发引发的医疗资源挤兑, 成为各国抗击疫情的重要路径。他提出如何提高城市治理精细化水平, 是管理决策者和规

划师必须认真补上的一课。龙瀛等^[6]以各种新兴技术为线索,讨论了泛智慧城市的不同技术在这次疫情应对过程中如何提高城市的韧性(弹性),不仅是对海量数据的应用,更是对应着思维方式或城市与社会运行方式的改变。刘奇志等^[7]建议在今后的空间规划中应考虑增加传染病防治专项规划内容。冷红等^[8]认为继 SARS 之后, COVID-19 疫情暴发再一次为城市健康安全敲响了警钟,建议在未来城市规划中要重点突出健康安全环境建设。玉兰等^[9]认为疫情暴露出我国在城市治理和应急等多方面有待改进,建议在城市规划过程中建构“公共健康单元”为核心的健康城市治理系统。后疫情时代,不同规划师和学者总结了疫情前城市规划的得与失,提出了一些改进措施。付彦荣等^[10]从疫情防控经验分析入手,提出疫期公园绿地运行管理的基本原则和构建公园绿地防疫体系,建立内外联防联控机制以及实施分级分类分区域管控与疏导相结合等系列策略。陈云松等^[11]通过大数据分析,对全国各城市的疫情风险进行科学评估和比对,探索了一种全国城市系统风险量化评估方法。卿菁^[12]通过对武汉市疫情防控分析,发现社会动员能力的强大性、分级诊疗的科学化和防控体系的信息化,是疫情得到有效控制的宝贵经验。

综上所述,虽然疫情防控期间城市规划和风景园林学科专家提出了一系列控制疫情和城市规划与管理的构想,以及后疫情时代他们提出了一些宏观层面的改进措施,但是在不同微观层面,诸如改善城市生态环境、医疗资源分配、提高土地利用效率,以及增加社会经济保障等措施,仍然需要经过系统地研究和论证,才能适应和服务于疫后城市化进程。本文结合当前疫情防控形式与经验,认为在现代城市化进程中应健全城市健康系统、提高生态环境质量和加强城市管理等措施。并提出城市健康环境模式的评估量化模型进行测算,同时以中国武汉疫情前后的城市病问题为典型案例进行研究论证。

2 数据来源与处理

关于城市健康环境模式评价体系的各个单项指标数据,主要来源归纳成以下三个方面:一是遥感影像数据来自我国自主研发的高分二号(GF-2)卫星,分辨率为 $1\text{m} \times 1\text{m}$,拍摄时间为2019年5月,经过地理配准、几何校正、辐射校正和图像融合等预处理步骤后得到城市街道绿化面积、公园面积和生态修复前后土地利用等数据;二是通过国家统计局获取水、土、气、固体废弃物、社会经济和卫生医疗资源环境等数据,并依据水、土、气和固体废弃物的国家标准限值确定评价标准;三是补充国家统计局以外数据,以野外调查方式提取样本,通过室外和室内实验方式获取相应数据。

3 研究方法

3.1 健康环境模式评价体系构建

3.1.1 城市健康环境模式评价指标初选

通过相关文献分析,发现目前尚未出现一套成熟且具有普适性的城市健康环境模式评价体系,本次研究后疫情时代在对城市健康环境进行评价时,以灰色统计法对5项影响城市健康环境的决策指标进行优化与评价^[13]。决策指标分为环境质量、土地利用环境、卫生医疗环境、社会经济保障和社会环境保障等,并将所有指标进一步细化为27项评价指标层^[14]。

3.1.2 城市健康环境评价指标筛选

为降低指标筛选过程的主观随意性，在结合专家意见的基础上选用灰色统计法对城市健康环境评价指标进行筛选，分为以下4个步骤：①确定调查对象。本环节中的调查对象为环境工程、设计学和景观生态学等相关专业的师生、从业者，共计30人。②完成问卷设计。运用“李克特点量表法”依次对各初选指标进行重要性程度评判，赋值“1”表示指标重要性极低，赋值“7”表示指标重要性极高，赋值“2~6”表示指标重要性介于两者之间。③数据统计分析。对收回的调查问卷进行数据整理，运用灰色理论将城市健康环境初选指标集以高、中、低分类构建三级灰类白化分段函数，计算出灰类决策系数。④计算出指标筛选结果。依次计算各初选指标的灰类决策向量 $\{\eta_1(b), \eta_2(b), \eta_3(b)\}$ ，它们依次对应高、中、低三类因子的重要性程度，且重要性程度为“高”的指标予以保留，舍去重要性程度为“中”或“低”指标，由此得出城市健康环境模式的指标筛选结果，如表1所示。

如表1所示，筛选得到的20个具有一定的科学性、系统性和代表性的城市健康环境评价指标。其中，参考VRM系统分类方法，将D1~D3指标归纳为地表环境质量C1小类，D4~D5指标归纳为固体污染C2小类；参考土地资源禀赋基础理论，将D6~D10指标归纳为土地利用环境C3小类；参考相关学者对城市卫生环境研究资料，D11~D14指标则为城市卫生环境C4小类；将D15~D19层增设社会保障环境C5小类。研究采用AHP方法构建城市健康环境综合评价体系，如图1所示。

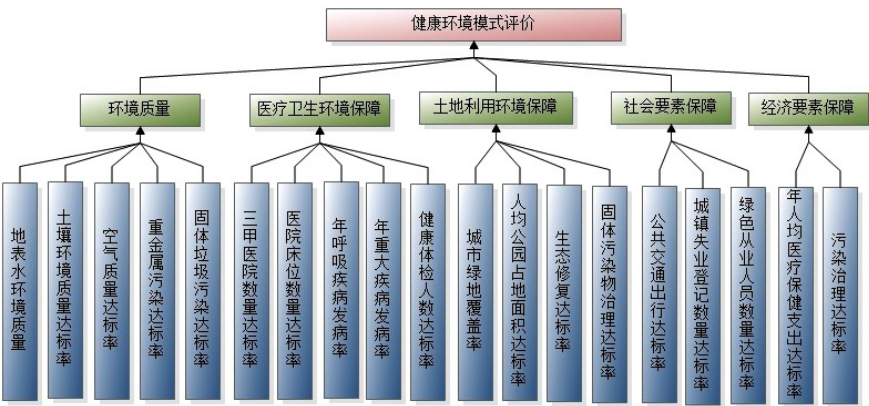


图 1 评价指标体系框架

Figure 1 The Framework of Evaluation Index System

表 1 评价指标重要性程度灰色统计结果

Table 1 Statistical results of the evaluation indicators

| 分类 | 指标 | 决策向量 | | | 重要程度 | 是否筛选 |
|------|-----------------|-------------|-------------|-------------|------|------|
| | | $\eta_1(b)$ | $\eta_2(b)$ | $\eta_3(b)$ | | |
| 环境质量 | 地表水环境质量达标率 (D1) | 12.343 | 7.322 | 2.342 | 高 | 是 |
| | 土壤环境质量达标率 (D2) | 10.566 | 6.376 | 1.768 | 高 | 是 |
| | 空气质量达标率 (D3) | 12.442 | 5.654 | 1.333 | 高 | 是 |
| | 节能减排达标率 (D4) | 4.226 | 1.333 | 0.432 | 低 | 否 |
| | 重金属污染治理达标率 (D5) | 10.453 | 5.332 | 1.667 | 高 | 是 |
| | 垃圾分类处理率 (D6) | 12.445 | 2.115 | 0.767 | 高 | 是 |

续表

| 分类 | 指标 | 决策向量 | | | 重要程度 | 是否筛选 |
|--------|------------------------|-------------|-------------|-------------|------|------|
| | | $\eta_1(b)$ | $\eta_2(b)$ | $\eta_3(b)$ | | |
| 土地利用环境 | 城市绿地覆盖率 (D7) | 13.446 | 8.433 | 1.333 | 高 | 是 |
| | 人均公园绿地面积达标率 (D8) | 10.556 | 6.667 | 1.455 | 高 | 是 |
| | 居民人均住房面积达标率 (D9) | 7.332 | 11.453 | 1.443 | 低 | 否 |
| | 生态修复达标率 (D10) | 11.324 | 7.332 | 1.333 | 高 | 是 |
| | 固体污染物治理达标率 (D11) | 10.554 | 5.334 | 2.111 | 高 | 是 |
| | 每万人拥有健康步道公里数 (D12) | 4.334 | 7.554 | 2.454 | 低 | 否 |
| 医疗卫生环境 | 三甲医院数量达标率 (D13) | 11.554 | 8.554 | 3.223 | 高 | 是 |
| | 医院床位达标率 (D14) | 12.556 | 6.667 | 1.334 | 高 | 是 |
| | 每万人拥有卫生技术人员数量达标率 (D15) | 0.334 | 9.321 | 3.556 | 低 | 否 |
| | 年呼吸疾病发病率 (D16) | 12.667 | 6.667 | 2.443 | 高 | 是 |
| | 年重大疾病发病率 (D17) | 10.453 | 4.332 | 1.333 | 高 | 是 |
| | 健康体检人次及覆盖率 (D18) | 13.445 | 6.554 | 2.334 | 高 | 是 |
| 社会环境保障 | 年甲乙类传染病发病率 (D19) | 0.223 | 4.378 | 5.443 | 低 | 否 |
| | 基本养老保险覆盖率 (D20) | 6.332 | 3.443 | 1.667 | 低 | 否 |
| | 公共交通出行分担率 (D21) | 11.556 | 6.443 | 2.667 | 高 | 是 |
| | 城镇登记失业率 (D22) | 18 | 6.333 | 2.667 | 高 | 是 |
| | 绿色从业人员达标率 (D23) | 12.332 | 6.667 | 1.333 | 高 | 是 |
| | 人均 GDP (D24) | 6.667 | 3.332 | 0 | 低 | 否 |
| 经济建设保障 | 人均医疗技术投入覆盖率 (D25) | 2.332 | 6.667 | 11 | 低 | 否 |
| | 年人均医疗保健支出率 (D26) | 12 | 5.332 | 0 | 高 | 是 |
| | 污染治理投入达标率 (D27) | 11 | 6.667 | 1.332 | 高 | 是 |

3.1.3 评价指标权重测算与检验

研究采用 AHP 法确定各指标间的相对重要性程度,并根据数学运算最终确定所有指标的权重系数^[15]。该环节采用专家法进行评分,受试者为景观生态学和环境工程等相关专业的师生及专业人员,共计 20 人,由该 20 人反复讨论后总结得出一套城市健康环境评价的判断矩阵^[16]。具体步骤如下:①建立城市健康环境评价指标层次结构模型。②构建判断矩阵。邀请专家学者共同讨论,根据 1—9 标度法对任意两项评价因子的相对重要程度进行比较评分,并依次进行层次单排序及一致性检验与层次总排序及其一致性检验,公式如下:

设层次结构模型中目标层 W 同决策层元素 C_1, C_2, \dots, C_n 有隶属关系,可得如下判断矩阵 $W_{ij} = (C_{ij})_{ij}$ 。

$$W_{ij} = \begin{cases} C_1 \\ C_2 \\ \dots \\ C_n \end{cases} = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & \dots & n_{1n} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2n} \\ \dots & \dots & \vdots & \dots \\ n_{n1} & n_{n2} & \dots & n_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, W_{ij} 代表第 i 层第 j 个决策层指标值; C_j 代表第 j 个指标的目标值 ($i=1, 2, \dots, n$; $j=1, 2, \dots, n$)。

计算各决策层指标权重值:

$$C_i = \sqrt[n]{n_{i1} + n_{i2} + \dots + n_{in}} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式中, C_i 为各决策层权重值, i 为指标层权重值。

通过计算,得到判断矩阵的特征向量,可进一步获得相应决策层指标权重值和判断矩阵的最大特征根 λ_{\max} ,然后计算随机一致性比率 CR,当 $CR=0.069<0.1$ 时,矩阵满足一致性检验。综合以上内容制作城市健康环境模式评价模型的指标权重值统计表,如表 2 所示。

表 2 城市健康环境指标权重统计

Table 2 Statistics on the weights of urban health environmental indicators

| | 决策层 | 决策层权重值 (C) | 指标层 | 指标层权重值 (W) |
|----------|--------|------------|-------------|------------|
| 城市健康环境评价 | 环境质量 | 0.09 | 地表水环境质量达标率 | 0.017 |
| | | | 土壤环境质量达标率 | 0.007 |
| | | | 空气质量达标率 | 0.023 |
| | | | 重金属污染治理达标率 | 0.021 |
| | | | 垃圾分类处理率 | 0.026 |
| | 土地利用环境 | 0.14 | 城市绿地覆盖率 | 0.082 |
| | | | 人均公园绿地面积达标率 | 0.098 |
| | | | 生态修复达标率 | 0.116 |
| | | | 固体污染物治理达标率 | 0.097 |
| | | | 三甲医院数量达标率 | 0.046 |
| | 卫生环境保障 | 0.14 | 医院床位达标率 | 0.022 |
| | | | 年呼吸疾病发病率 | 0.041 |
| | | | 年重大疾病发病率 | 0.011 |
| | | | 健康体检人次及覆盖率 | 0.022 |
| | | | 公共交通出行分担率 | 0.071 |
| | 社会环境保障 | 0.23 | 城镇登记失业率 | 0.035 |
| | | | 绿色从业人员达标率 | 0.035 |
| | 经济建设保障 | 0.39 | 年人均医疗保健支出率 | 0.116 |
| | | | 污染治理投入达标率 | 0.116 |

3.2 基于内梅罗指数法分析与测算

内梅罗指数法是一种兼顾极值或突出最大值的集权型多因子指数,能够较全面地反映各种污染物的协同作用,从而较准确地评价各类环境影响要素,以此获得综合效益评比排序,为政府决策部门提供科学合理的建议^[17-19]。本文引用内梅罗指数法的基本思路是利用层次分析法计算环境因子指标权重值与单项指标指数累加的乘积,兼顾单因子指数平均值和最高值,可以对不同层次的指标权重值进行排序,其计算模型如下:

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n w_i p_i / \sum_{i=1}^n w_i \quad (3)$$

式中, \bar{p} 为影响因子指数平均值; w_i 为某项因子权重值; n 为影响因子数量; P_i 为单项影响因子指数,即 ($p_i = e_i/s_i$, 其中 e_i 为 i 个因子实测值, s_i 为 i 个因子国家标准限制)。

3.3 城市健康环境模式评价技术路线

根据城市健康环境综合评价指标权重测算和综合评价理念,确定综合评价方法与操作步骤,如图 2 所示:

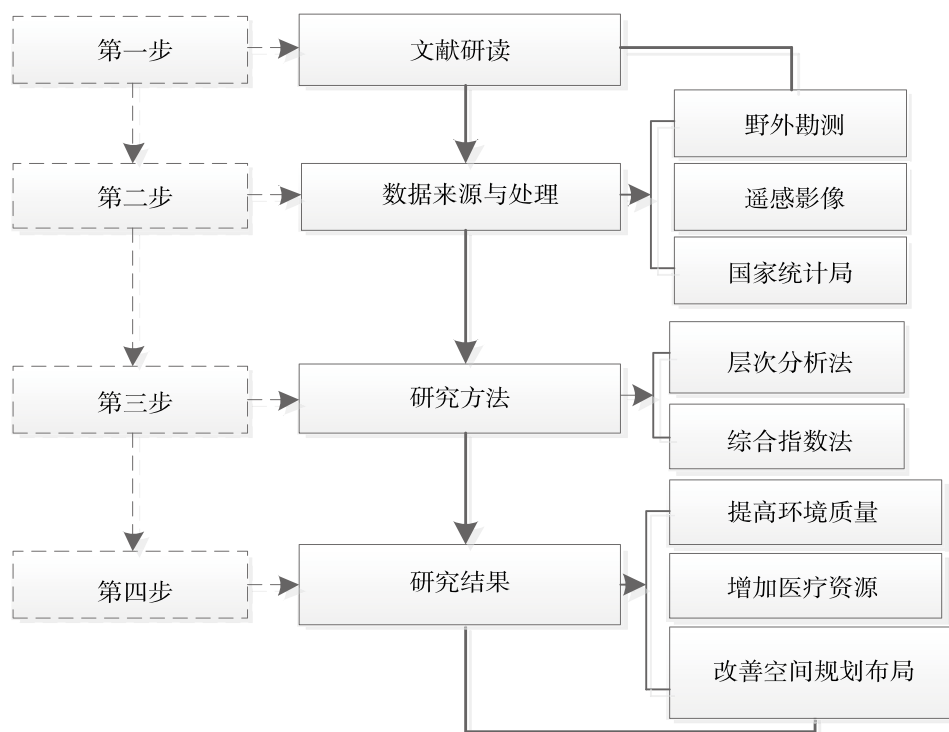


图2 综合评价方法与操作步骤

Figure 2 Comprehensive evaluation method and operation steps

4 案例分析与研究结果

4.1 案例区位概况

武汉市，位于长江中游城市群腹地（ $29^{\circ}05' - 33^{\circ}20'N$ ， $108^{\circ}21' - 116^{\circ}07'E$ ），为湖北省省会。据统计，该城市国土面积 8494.41km^2 ，2018 年地区生产总值为 14847.29 亿元，年末常住人口 1089.29 万人，人口密度为 $1282.36\text{人}/\text{km}^2$ ，人均 GDP 为 13.63 万元，城市化率在国内处于较高水平。由于该城市建成区面积大，经济活跃，城市生态系统复杂程度较高，城区人口分布不均，环境承载力过大，城乡接合部“城市病”问题复杂等原因^[20, 21]，于 2019 年 12 月底在武汉华南海鲜市场暴发了 COVID-19 疫情事件^[22]。截至 2020 年 8 月 30 日，该市确诊病例 50344 例，死亡 3869 例，成为全国确诊和死亡人数最多的城市，如图 3 所示。疫情暴发后，习近平主席和李克强总理等国家领导人高度重视疫情事件，并派遣国内外专家参与识别问诊和救治工作，经过半年努力，确诊和死亡病例均被控制住。疫情防控期间，关于疫情事件爆发在武汉的原因，石楠、吴志强、龙瀛和 Friesen John 等众多国内外城市规划和风景园林专家对 21 世纪以来对国内外城市规划现状进行了深刻剖析，并提出了一系列控制城市突发事件的建议。后疫情时代，针对城市突发事件的防控和城市规划的再认识，本文以武汉市作为研究对象，提出构建城市健康环境的量化评估模型，以期从环境质量、卫生医疗环境、土地利用环境和社会经济环境等方面探索改善城市病问题，增强城市应急突发事件的免疫力。

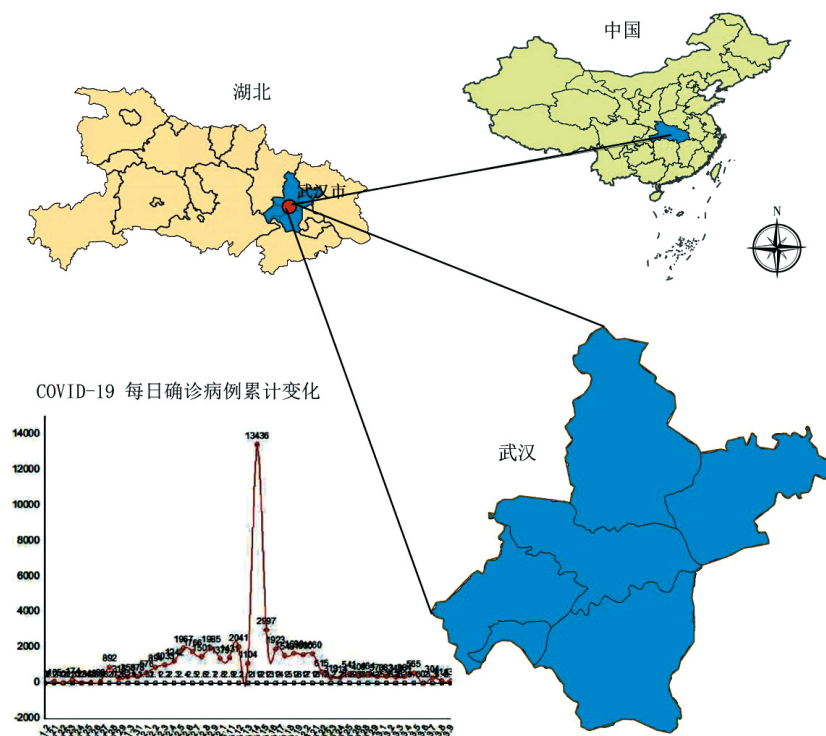


图 3 武汉市地理区位及 COVID-19 每日累计变化趋势

Figure 3 The geographical location of Wuhan and the daily cumulative change trend of COVID-19

4.2 研究结果

(1) 根据公式 (1) ~ (2), 测算得出决策指标权重大小依次为: 经济建设 > 社会环境 > 卫生环境 > 土地利用环境 > 环境质量等, 说明经济建设、社会经济环境对当前城市健康环境影响最大, 其次是医疗卫生环境指标, 土地利用环境和环境质量对构建城市健康环境的直接影响较小, 但是地表水环境质量、大气环境质量和固体污染物等指标层是诱发武汉最早爆发 COVID-19 疫情事件的驱动因素之一, 说明武汉城市病问题和生态环境系统依然处于恶化状态。

(2) 根据公式 (3), 测算得出生态环境质量综合指数为 0.37, 医疗卫生环境综合指数为 0.32, 土地利用环境综合指数为 0.14, 社会环境保障综合指数为 0.11, 经济建设保综合指数为 0.06。说明生态环境质量、医疗卫生环境对构建城市健康环境的影响最大, 社会环境和经济建设对构建城市健康环境的影响较小。为科学治理武汉城市病问题, 需要剥离生态环境质量中的环境因子, 对于污染较重的地表水、地下水和固体废弃物要制定具有针对性的具体措施, 通过降解、稀释和清除环境因子中的污染物浓度, 使其控制在国家标准限值内。在医疗卫生环境治理中, 首先要加大医疗系统的资金投入, 采购先进的医疗设备, 有助于及时、准确检测病原体; 其次要合理规划医院的选址, 落实人们在 10-15 分内及时就医的目标。

(3) 后疫情时代, 构建城市健康环境治理工作不仅迫在眉睫, 也是一个错综复杂的系统工程, 需要进一步反思城市总体规划过程中不足, 注重对城市通风廊道规划建设、医疗系统再次科学合理布局,

以及城市应急系统的建设与研究等,依据国家技术标准合理控制城市地表水环境质量、地下水环境质量、大气环境质量和固体垃圾等污染物浓度和标准限制,使其严格控制在国家标准限值内,不断服务于“健康武汉 2030”建设。

(4) 本文引入 AHP 法和内梅罗指数法对构建城市健康环境模式进行量化评估分析,通过指标体系构建、模型方法测算和案例分析与验证研究,体现出城市健康环境模式量化评估模型的可行性,成为后疫情时代破解武汉城市病问题,为践行可持续发展和健康中国战略提供参考。

5 讨论与决策建议

根据本文研究结果,发现国内最先暴发疫情的武汉市,是 21 世纪以来中国城市迅速发展的典型案例,如果在城市扩张和城市化进程中,当地政府严格遵守国家可持续发展战略决策,同时作为长江经济带的中心区域,带严守大保护,不搞大开发的既定方针,武汉城市病问题可以得到有效缓解^[24]。因此,结合城市健康环境量化评估结果,对城市环境质量和医疗卫生保障系统提出以下治理措施:

5.1 城市环境质量治理措施及决策建议

(1) 地表水环境治理思路与方法

武汉素有千湖之称,又有长江和汉江一级河流和二级支流交汇,城市水环境系统复杂多样,而且不同水域情况有着不同的污染源。具体措施一是在水环境污染治理过程中,从整体片区提出全面布局治理方案,提炼出“源头控制→末端治理→水体综合整治”的阶梯式水环境综合治理思路^[25, 26]。二是末端治理以点源治理、面源控制为重点,将饮用水合理控制在Ⅱ类标准限值内。三是建立饮用水源地应急风险防控体系,强化饮用水源地监测预警与监管体系,如图 4 所示。

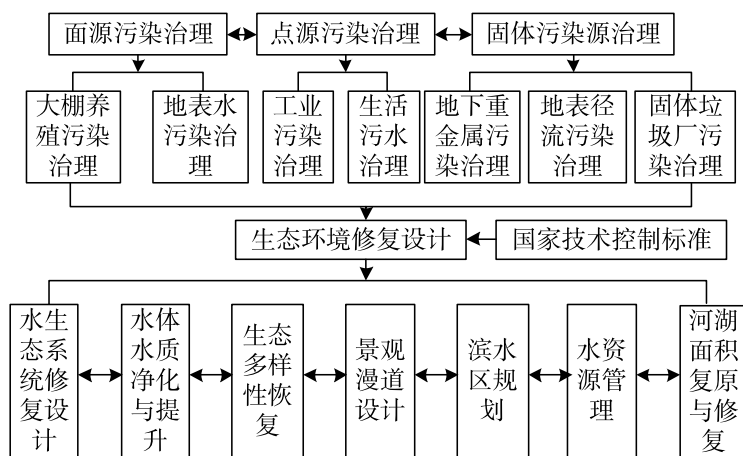


图 4 城市水环境治理措施与技术路线

Figure 4 Technical route of urban water environment treatment

(2) 大气污染防治与治理思路与方法

后疫情时代,在政府及多方主体的共同努力下,武汉市 CO₂、SO₂、CO 和大气颗粒物(PM_{2.5}与

PM₁₀)排放量表现出明显放缓趋势。数据表明,与2019年5月相比,大气污染物排放总量降低了0.45%,且整体上呈逐月下降的趋势,同比降幅达到了7.75%。在大气污染治理过程中应严格按照《大气十条》,提出大气污染防治的总体要求、奋斗目标和政策举措^[27, 28],其具体措施一是要充分考虑各种治理主体的切身利益,达到环境质量良性互动的效果。二是均衡治理与分层网络治理,必须汇聚多方主体力量,创建长效机制,充分保障城市大气污染治理效果。三是在实际操作中,政府可以将CO₂、SO₂、CO和大气颗粒物等污染物排放清单公示出来,为公众参与提供法律支持,实现对大气环境的综合性评估,如图5所示。

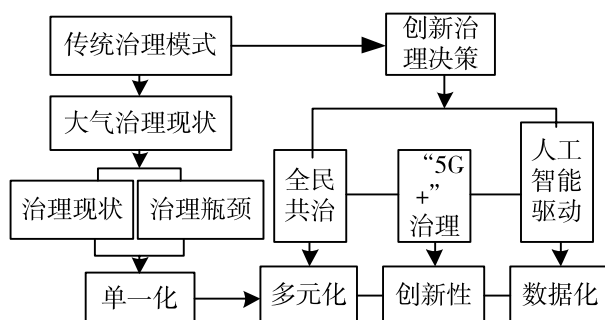


图5 大气污染精准化治理模式与思路

Figure 5 Air pollution control model and ideas

(3) 土壤环境污染治理与修复决策

根据《土壤污染防治法》提出武汉地区土地污染修复与运营模式,即“场地修复+”治理模式^[29],其具体措施一是生态环境部门应与土地管理部门协调配合,强调严禁在未经治理的污染区进行土地利用开发。二是政府从优化土地利用结构、提高城市整体空间布局、改善人居环境和提高再生利用效益的角度出发,对污染地块进行合理规划。三是提高土壤修复资金、技术、资源的调配能力,提升自身修复设计标准。

5.2 医疗卫生环境治理措施与决策建议

(1) 医院优化配置措施与建议

医院作为城市的公共服务设施,合理优化选址布局方案可以有效节省现有医疗资源,保证其在城市社区间的合理配置,促进医疗资源的协调布局与平衡发展。后疫情时代,对新建医院的优化配置方案首先可以对就医人次数量进行预测分析,并且对每个场景与之关联的就医人数量发生概率进行测算^[30]。其次当未来就医人数量在相应场景中,要科学预测场景的饱和度,作出选址的决策性方案。

(2) 医疗资源优化配置措施与建议

后疫情时代,医疗资源配置方式应根据武汉人口流动频次、居民生活水平和医疗资源规模等决定就医需求规模。而且随着分级诊疗措施的提出,对医疗设施发展提出了新的要求,亟须对其进行优化配置^[31],如图6所示。具体应对措施如下:首先推行区域协同运行机制,进一步科学协调配置,合理确定所在区域的贡献和辐射功能,实现资源共享与区域协同,最大限度地提升资源的利用效率。其次利用“5G+”高新技术推广远程医疗,是对医疗条件较差、交通环境恶劣地区的病人患者实施远距离诊断

治疗和咨询的一种新模式。

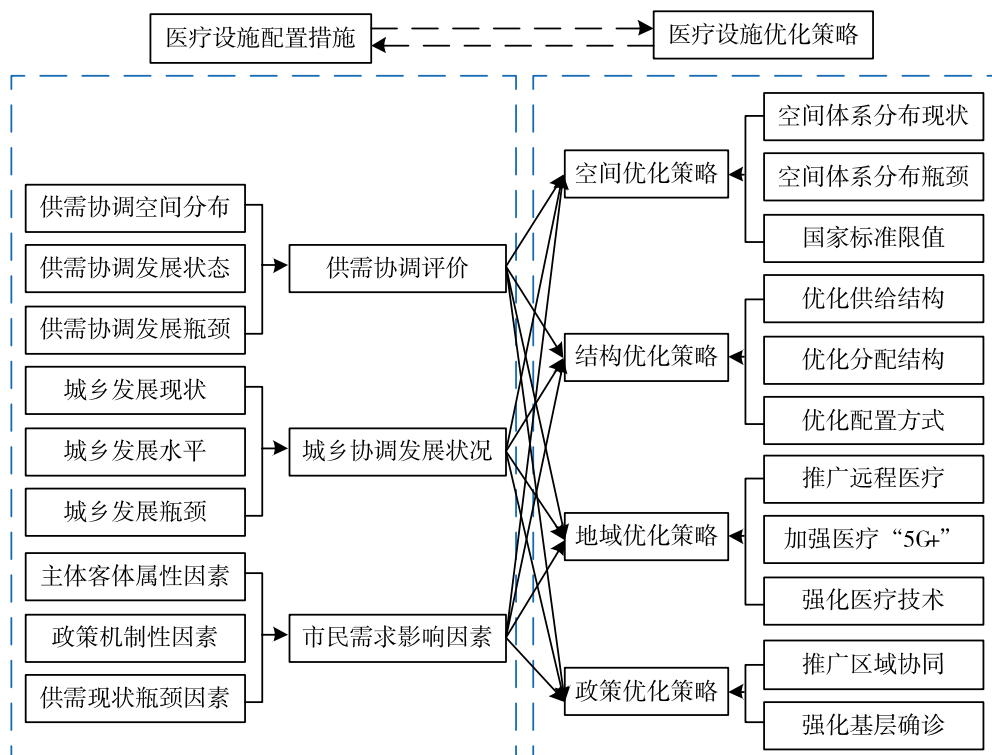


图6 医疗资源配置优化的依据及策略

Figure 6 Optimal Strategy for Medical Resource Allocation

5.3 完善城市规划建设的应急管理体系

进入2020年6月，全世界COVID-19累计感染人数已超过600万例。人们逐渐认识到，疫情的爆发传播既是重大的公共卫生问题，也是城市扩张过程中的城市病问题集中爆发的根本原因。归纳起来体现在以下特征：城市发展存在“风险爆发/需求不足——推进城市化战略/扩大内需——风险转化/积累过度——主动调节城市化/促进转型”这样的内在逻辑和周期性，如图7所示。

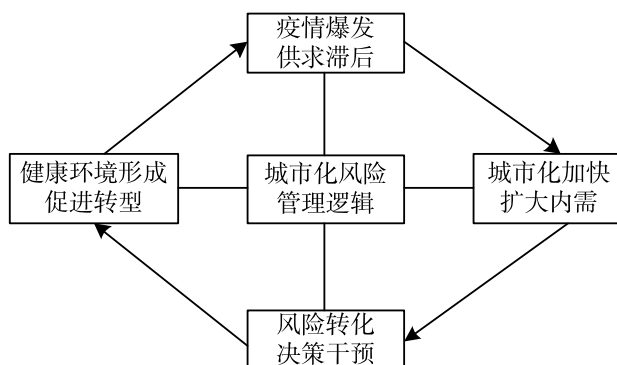


图7 城市化规划建设风险管理决策逻辑关系

Figure 7 Urban planning and construction risk management decision

研究表明,城市化扩张过程中将不断面临着人口增长、资源枯竭和环境恶化一系列不可抗拒地风险,此次疫情事件说明过快的城市化进程会增加城市病问题爆发的概率。因此,疫情防控期间,增强应对疫情风险将成为疫后城市组织和集体智慧汇集的重点,也是对武汉城市化与发展的一次重要历史性考验^[32]。后疫情时代,武汉城市化将更具韧性,加快城市规划的改革与创新的具体措施一是在城市规划、公共空间建设、城市管理、社区治理等层面,建立公众参与意见和决策的机制,更好地表达人民群众对于美好生活环境的诉求。二是进一步促进公共资源和公共治理能力向基层下沉,以及高质量公共服务向社区扩散。三是充分发挥先进技术手段在信息采集、信息发布、信息沟通之中的作用,大力推进基于“互联网+”的城市管理模式,极大提升城市治理效能。

(本论文由湖北省普通高校人文社会科学重点研究基地生态环境设计研究中心资助完成。)

参考文献

- [1] Hudda N, Simon M C, Patton A P, et al. Reductions in traffic-related black carbon and ultrafine particle number concentrations in an urban neighborhood during the COVID-19 pandemic [J]. *Science of The Total Environment*, 2020: 742.
- [2] Ahmed R, Williamson M, Hamid M A, et al. United States County-level COVID-19 Death Rates and Case Fatality Rates Vary by Region and Urban Status [J]. *Healthcare*, 2020, 8 (3).
- [3] Ghosh A, Nundy S, Ghosh S, et al. Study of COVID-19 pandemic in London (UK) from urban context [J]. *Cities*, 2020, 106: 102928.
- [4] Friesen J, Pelz P F. COVID-19 and Slums: A Pandemic Highlights Gaps in Knowledge About Urban Poverty [J]. *JMIR Public Health and Surveillance*, 2020, 6 (3).
- [5] 石楠. 特刊“应对2020新型冠状病毒肺炎突发事件笔谈会”[J]. *城市规划*, 2020 (4).
- [6] 龙瀛. 泛智慧城市技术提高城市韧性——应对2020新型冠状病毒肺炎突发事件笔谈会[J/OL]. *城市规划*.
- [7] 刘奇志. 建议增加传染病防治专项规划——应对2020新型冠状病毒肺炎突发事件笔谈会[J/OL]. *城市规划*.
- [8] 冷红. 促进健康安全规划学科大有可为——应对2020新型冠状病毒肺炎突发事件笔谈会[J/OL]. *城市规划*.
- [9] 王兰. 建构“公共健康单元”为核心的健康城市治理系统——应对2020新型冠状病毒肺炎突发事件笔谈会[J/OL]. *城市规划*.
- [10] 付彦荣, 贾建中, 李佳滢. 新冠肺炎疫情期间城市公园绿地运行管理研究[J]. *中国园林*, 2020, 36 (7): 32-36.
- [11] 陈云松, 陈步伟, 徐荣婧. 突发重大疫情下城市系统风险量化评估方法[J]. *西安交通大学学报(社会科学版)*, 2020, 40 (4): 33-41.
- [12] 卿菁. 特大城市疫情防控机制: 经验、困境与重构——以武汉市新冠肺炎疫情防控为例[J]. *湖北大学学报(哲学社会科学版)*, 2020, 47 (3): 21-32.
- [13] Shahrim N A, Sariffudin N, Zaki H, et al. Estimating Suitable Starch Extraction from Mango Seeds Using Analytical Hierarchy Process (AHP) Method [J]. *Materials Science Forum*, 2020, 1010: 471-476.
- [14] Saaty T L. *Analytic Hierarchy Process* [M] // *Encyclopedia of Biostatistics*. John Wiley & Sons, Ltd,

- 2013.
- [15] Vaidya O S, Kumar S. Analytic hierarchy process: An overview of applications [J]. European Journal of Operational Research, 2006, 169 (1): 1-29.
- [16] Omkarprasad S Vaidya, et al. Analytic hierarchy process: An overview of applications [J]. Operations Research, 2006.
- [17] 王琳, 孙艺珂, 祁峰. 基于改进综合水质指数法的水库水质特征分析[J]. 水土保持通报, 2018, 38(4): 174-180.
- [18] 杨渺, 谢强, 刘孝富. 基于线性变换的水质综合评价方法[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(1): 156-161.
- [19] 孙江城, 赵兴文. 常用环境质量内梅罗指数法的评述和适用性比较[J]. 中国公共卫生, 1996, 12(7): 318-319.
- [20] 张梅珍, 苏慧. 长江流域水资源生态保护的传播机制研究——以武汉市为例[J]. 安全与环境工程, 2020, 27(3): 54-58+103.
- [21] 李红星, 黄解军, 张一驰. 基于遥感生态指数的武汉市生态环境质量评估[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2020, 42(1): 81-90.
- [22] 罗名海, 秦思娴, 熊强强. 基于大数据的武汉封城效果与疫后恢复分析[J]. 地理空间信息, 2020, 18(9): 5-14+19+141.
- [23] 林富明, 袁晓宏, 李冰. 地理信息系统在新冠肺炎疫情防控中的应用思考[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43(9): 82-84.
- [24] Gourav Dhar Bhowmick, Dhruba Dhar, Dibyojoyty Nath, et al. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak: some serious consequences with urban and rural water cycle [J]. 2020, 3(1): 269.
- [25] Bhowmick G D, Dhar D, Nath D, et al. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak: some serious consequences with urban and rural water cycle [J]. Npj Clean Water, 2020, 3(1).
- [26] Guerrero-Latorre L, Ballesteros I, Irina M Villacres, et al. SARS-CoV-2 in river water: Implications in low sanitation countries [J]. Ence of The Total Environment, 2020, 743: 140832.
- [27] Zoran M A, Savastru R S, Savastru D M, et al. Assessing the relationship between surface levels of PM2.5 and PM10 particulate matter impact on COVID-19 in Milan, Italy [J]. Ence of The Total Environment, 2020, 738: 139825.
- [28] Otmani A, Benchrif A, Tahri M, et al. Impact of Covid-19 lockdown on PM10, SO2 and NO2 concentrations in Salé City (Morocco) [J]. Science of The Total Environment, 2020, 735: 139541.
- [29] A B X, B P L, C X Y, et al. The impact of novel coronavirus SARS-CoV-2 among healthcare workers in hospitals: An aerial overview [J]. American Journal of Infection Control, 2020, 48(8): 915-917.
- [30] Sara Rizvi Jafree. Delivery Health Service Satisfaction of Mothers and Fear of COVID-19: Implications for Maternal and Child Health in Pakistan [J]. ResearchGate, 2020, 21: 203.
- [31] Zou X, Li S, Fang M, et al. Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II Score as a Predictor of Hospital Mortality in Patients of Coronavirus Disease 2019 [J]. Critical Care Medicine, 2020: 1.
- [32] CASAB, DKG. The COVID-19 pandemic: Impacts on cities and major lessons for urban planning, design, and management [J]. Ence of The Total Environment, 2020.