

株洲城市环境质量模糊综合测评及改善对策建议

熊 春, 徐登科, 蔡红梅, 周继祥

(湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 城市环境质量评价是表明城市环境质量现状及其变化趋势的重要手段。基于株洲城市环境质量抽样调查的数据, 运用模糊综合评价方法, 对株洲城市环境质量指标进行综合分析, 建立了环境质量评价指标系统, 对株洲城市环境质量等级进行了综合评价。根据评价结果, 对株洲市环境质量的改善提出了对策建议。

关键词: 株洲市; 城市环境质量; 模糊测评; 对策建议

中图分类号: X820.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2011)05-0066-05

Fuzzy Comprehensive Evaluation on Zhuzhou City Environmental Quality and Its Countermeasure Proposal

Xiong Chun, Xu Dengke, Cai Hongmei, Zhou Jixiang

(School of Business, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Urban environmental quality assessment is an important means to reflect urban environmental quality and its changing trends. Based on Zhuzhou environmental quality sample data, applies fuzzy comprehensive evaluation method to analyze Zhuzhou environmental quality indicators, sets up environmental quality evaluation system, and evaluates comprehensively the environmental quality level in Zhuzhou city. Based on the evaluation results, proposes countermeasures and suggestions to improve Zhuzhou environmental quality.

Keywords: Zhuzhou city; city environmental quality; fuzzy assessment; countermeasures and suggestions

0 引言

城市环境是人们赖以居住生活的基本条件和场所, 是与城市整体互相关联的人文条件和自然条件的总和, 是一个国家和地区经济发展水平、人民物质文化生活的重要标志之一。通常包括社会环境和自然环境, 城市环境质量的优劣与当地的经济社会发展、人民群众的生命健康以及生活质量息息相关, 只有不断提高城市环境, 才能促进科学技术的进步

和社会经济的发展。为推动株洲现代生态城市的建设和提升株洲市的综合竞争能力, 对株洲城市环境质量进行全面评价, 有助于市政府全面认识和了解株洲城市环境总的状况, 进而分析株洲未来环境演变趋势, 并预测未来采取的行为对株洲城市环境质量可能造成的影响, 有助于市政府明确控制城市环境污染、改善城市环境质量的的方向, 为制定环境保护方案和城市总体规划, 进行城市环境管理提供相关科学依据。

收稿日期: 2011-05-27

基金项目: 湖南省软科学研究计划基金资助项目(2007ZK3053)

作者简介: 熊 春(1986-), 男, 重庆忠县人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为企业战略管理,

E-mail: crazyman2010@126.com

1 评价模型的建立

模糊综合评价是通过构造等级模糊子集把反映被评事物的模糊指标进行量化(即确定隶属度),然后利用模糊变换原理对各指标进行综合^[1]。它具有结果清晰,系统性强的特点,能较好地解决模糊的、难以量化的问题,适合解决各种非确定性问题。

1.1 确定评价对象的因素论域

设城市环境质量评价指标集合为: $u=(u_1, u_2, \dots, u_n)$, 其中 $u_i(i=1, 2, \dots, n)$ 为第一层次中的第 i 个因素, 它由第二层次中的几个因素决定, 即 $u_i=(u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im})$, $u_{ij}(j=1, 2, \dots, m)$ 为第二层次的因素, 由第三层次的因素决定, 即前一个层次的影响因素由后面层次的影响因素决定。

1.2 确定评价等级论域

$E=(e_1, e_2, \dots, e_k)$ 代表等级集合, 每一个等级可对应一个模糊子集。本文中取 $k=1,2,3,4$, 即将各因素对城市环境质量的影响分为 4 个测量等级, 其等级评语定义为: 好、良好、一般、差^[2]。为便于计算, 本文中主观评价的等级标度进行量化, 依次赋值为 4,3,2,1, 所设计的评价定量标准见表 1。

表1 定量评价分级标准

Table 1 The grading standards of quantitative evaluation

评价值	定级	评语
$x > 3$	e_1	好
$2 < x \leq 3$	e_2	良好
$1 < x \leq 2$	e_3	一般
$x \leq 1$	e_4	差

1.3 建立模糊评价矩阵

在构造了等级模糊子集后, 要逐个对被评事物从环境质量评价指标 u_i 方面进行量化, 即确定从单因素来看被评事物对等级模糊子集的隶属度。设 r_{jk} 表示二级指标 u_{ij} 从因素 u_i 来看对于第 k 级评语 e_k 的隶属度, 即一个被评事物在某个因素 u_i 方面的表现, 则得到第 i 个指标的单因素评价矩阵 R_i ^[3] 为:

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mk} \end{bmatrix}。$$

1.4 确定评价因素的权向量

在模糊综合评价体系中, 需确定评价因素的权向量 $A_i=(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im})$, A_i 中的元素 a_{ij} 本质上反映了从因素 u_i 来看各二级评价指标间的相对重要性次序。本文使用层次分析法来确定评价指标间的相对

重要性次序, 通过构建判断矩阵 $U_i=(u_{ij})_{m \times m}$, 计算判断矩阵的最大特征根 λ_{\max} 及其对应的特征权向量 A_i , 并将 λ_{\max} 所对应的特征权向量 A_i 归一化, 就得到相应指标的权重值。为了检验评价判断的可靠性和一致性, 引入 $CI=(\lambda_{\max}-m)/(m-1)$ 作为度量判断矩阵偏离一致性的指标, 引入判断矩阵的平均随机一致性指标 RI, 取 $CR=CI/RI$, 则当 $CR < 0.10$ 时, 即认为判断矩阵具有满意的一致性, 否则, 需要对判断矩阵进行调整, 直到具有满意的一致性为止, 从而确定权系数, 求得权向量。各级评价指标的权向量均可用此方法求得。

1.5 合成综合评价等级向量

先将各评价因素的权向量 A_i 与其模糊评价矩阵 R_i 相乘, 得到各被评事物的模糊综合评价等级向量 B_i , 即:

$$A_i R_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}) \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mk} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_k) = B_i。$$

然后, 将求得的每个单因素的模糊评价等级向量 B_i 综合在一起, 构成高一级的模糊评价矩阵 R , 采用上述同样的方法将矩阵 R 与其对应的权重向量 A 相乘, 便可得环境因素整体综合评价等级向量 B 。

1.6 综合评价值的计算

将前面合成的模糊综合评价等级向量 B_i 与对应评语等级的赋值向量 E 相乘, 便可得到相应的模糊综合评价值, 即 $V_i=B_i * E^T$, $E=(4,3,2,1)$, E^T 为其转置矩阵。根据计算所得模糊综合评价值, 即可确定各环境因素的评价等级。

2 利用模型求解

2.1 株洲城市环境质量评价抽样调查

本文以湖南省株洲市城市环境质量评价为例, 以株洲市居住的城市居民为调查对象, 采用株洲在线、问卷星等网络和发放自填式问卷法收集数据。将涉及株洲城市环境质量的有关评价指标设计成问卷, 然后采用分层抽样法, 随机选取来自不同层次、不同年龄阶段的市民作为调查对象, 将问卷发放给被调查人员, 让其独立完成调查问卷。对收回的每份问卷进行有效性审查, 本次共发出问卷 100 份, 回收 83 份, 回收率 83%, 有效问卷 76 份, 有效率为 91.5%。

借助抽样调查数据, 基于层次分析法的模糊综合评价在该方面的应用, 确定评价对象的因素集即

确定评价指标。主要从以下几个方面来考虑：株洲城市总体环境品质、绿化和景观、交通体系、建筑品质、照明设施、科研园区和大型公共设施，从而设定了6个一级评价指标，21个二级评价指标，构成株洲城市环境质量评价指标体系^[4]，见表2。

表2 株洲城市环境质量两级评价指标
Table 2 Two-grades evaluation factors of Zhuzhou environment quality

一级指标	二级指标
u_1 总体环境品质	u_{11} 总体布局和分区
	u_{12} 城市环境的吸引力
	u_{13} 城市的噪音程度
	u_{14} 城市的大气质量
	u_{15} 城市的卫生状况
u_2 绿化和景观	u_{21} 城市中的景观度
	u_{22} 城市绿化的总体印象
	u_{23} 城市的标志物建筑及广场区域的印象等
	u_{24} 城市的周边环境
u_3 市内交通体系	u_{31} 道路网络布局的合理性
	u_{32} 核心道路的通行能力
	u_{33} 交通设施的安全和可靠性
	u_{34} 居民出行的便捷和安全性
u_4 建筑品质	u_{41} 城市建筑的美观度
	u_{42} 城市建筑的适用性
	u_{43} 城市建筑的人文性
u_5 照明设施	u_{51} 路灯布局的美观度和实用性
	u_{52} 路灯灯具配置的合理性
	u_{53} 城市大型建筑物的照明用电情况及能源消耗
u_6 大型公共设施	u_{61} 大型公共设施建设的合理性与实用性
	u_{62} 设施容量与城市发展规模适应性

2.2 指标权重的计算

根据层次分析法，构建6个一级指标因子的判断矩阵 $U = (u_{ij})_{n \times n}$ 为

$$U = \begin{bmatrix} 1 & \frac{8}{5} & \frac{3}{4} & 1 & \frac{9}{5} & \frac{6}{8} \\ \frac{5}{8} & 1 & \frac{6}{10} & \frac{7}{9} & \frac{7}{5} & \frac{8}{11} \\ \frac{4}{3} & \frac{10}{6} & 1 & \frac{4}{5} & \frac{3}{2} & \frac{7}{5} \\ 1 & \frac{9}{7} & \frac{5}{4} & 1 & \frac{8}{11} & \frac{5}{4} \\ \frac{5}{9} & \frac{5}{7} & \frac{2}{3} & \frac{11}{8} & 1 & \frac{4}{6} \\ \frac{8}{6} & \frac{11}{8} & \frac{5}{7} & \frac{4}{5} & \frac{6}{4} & 1 \end{bmatrix}$$

用 Matlab6.5 计算判断矩阵 U 的最大特征根，得 $\lambda_{\max} = 6.0568$ 。为进行判断矩阵的一致性检验，计算一致性指标 $CI = 0.01136$ ，平均随机一致性指标 $RI = 1.24$ ，随机一致性比率 $CR = 0.0091 < 0.10$ ，因此，可认为层次分析排序结果具有较好的一致性，即权系数的分

配是合理的。其对应的特征向量为：

$$[0.4387 \ 0.3285 \ 0.4593 \ 0.4423 \ 0.3219 \ 0.4353],$$

再作归一化处理，得一级指标的权重向量为：

$$A = [0.1809 \ 0.1354 \ 0.1894 \ 0.1823 \ 0.1326 \ 0.1794]。$$

同理，仍采用层次分析法求解各二级指标的权重，分别对各个二级指标构造其各自的判断矩阵，再用 Matlab6.5 计算最大特征根并进行一致性检验，得出合理的权系数和特征向量，再通过归一化得到各二级指标的权重向量。即得

城市总体环境品质指标的权重为

$$A_1 = [0.189 \ 0.128 \ 0.210 \ 0.174 \ 0.299];$$

绿化和景观指标的权重为

$$A_2 = [0.213 \ 0.321 \ 0.285 \ 0.181];$$

城市内的交通体系指标的权重为

$$A_3 = [0.271 \ 0.193 \ 0.225 \ 0.311];$$

建筑品质指标的权重为

$$A_4 = [0.317 \ 0.385 \ 0.308];$$

照明设施的评价指标的权重为

$$A_5 = [0.422 \ 0.257 \ 0.521];$$

大型公共设施指标的权重为

$$A_6 = [0.689 \ 0.311]。$$

2.3 综合评价等级向量的求解

利用抽样调查所得统计数据构建各一级评价指标的评价矩阵 R_i ，结合前面已求得各指标权重向量 A_i ，先计算各一级指标的综合评价等级向量 B_i ，再合成整体模糊评价判断矩阵 R ，最终求得环境因素整体综合评价等级向量 B 。具体求解如下：

$$A_1 * R_1 = [0.189 \ 0.128 \ 0.210 \ 0.174 \ 0.299]^*$$

$$\begin{bmatrix} 0.154 & 0.404 & 0.312 & 0.045 \\ 0.016 & 0.173 & 0.451 & 0.223 \\ 0.146 & 0.436 & 0.313 & 0.087 \\ 0.172 & 0.193 & 0.354 & 0.367 \\ 0.053 & 0.763 & 0.189 & 0.542 \end{bmatrix} =$$

$$[0.1076 \ 0.4514 \ 0.3005 \ 0.2812],$$

归一化得 $B_1 = [0.0943 \ 0.3957 \ 0.2634 \ 0.2465];$

$$A_2 * R_2 = [0.213 \ 0.321 \ 0.285 \ 0.181]^*$$

$$\begin{bmatrix} 0.058 & 0.267 & 0.576 & 0.125 \\ 0.160 & 0.459 & 0.310 & 0.141 \\ 0.215 & 0.328 & 0.436 & 0.167 \\ 0.131 & 0.225 & 0.428 & 0.236 \end{bmatrix} =$$

$$[0.1487 \ 0.3384 \ 0.4239 \ 0.1622],$$

归一化得 $B_2 = [0.1386 \ 0.3153 \ 0.3949 \ 0.1512];$

$$A_3 * R_3 = (0.271 \ 0.193 \ 0.225 \ 0.311)^*$$

$$\begin{pmatrix} 0.049 & 0.417 & 0.431 & 0.093 \\ 0.024 & 0.224 & 0.483 & 0.270 \\ 0.034 & 0.203 & 0.532 & 0.231 \\ 0.025 & 0.296 & 0.543 & 0.137 \end{pmatrix} =$$

$$[0.0333 \ 0.2940 \ 0.4986 \ 0.1719],$$

归一化得 $B_3 = [0.0334 \ 0.2946 \ 0.4997 \ 0.1723]$;

$$A_4 * R_4 = (0.317 \ 0.385 \ 0.308)^*$$

$$\begin{pmatrix} 0.034 & 0.351 & 0.452 & 0.237 \\ 0.052 & 0.264 & 0.418 & 0.382 \\ 0.041 & 0.249 & 0.431 & 0.393 \end{pmatrix} =$$

$$[0.0434 \ 0.2896 \ 0.4370 \ 0.3432],$$

归一化得 $B_4 = [0.0390 \ 0.2602 \ 0.3926 \ 0.3082]$;

$$A_5 * R_5 = (0.422 \ 0.257 \ 0.521)^*$$

$$\begin{pmatrix} 0.022 & 0.267 & 0.475 & 0.208 \\ 0.031 & 0.320 & 0.459 & 0.152 \\ 0.037 & 0.258 & 0.374 & 0.307 \end{pmatrix} =$$

$$[0.0365 \ 0.3293 \ 0.5133 \ 0.2868],$$

归一化得 $B_5 = [0.0313 \ 0.2824 \ 0.4403 \ 0.2460]$;

$$A_6 * R_6 = (0.689 \ 0.311)^*$$

$$\begin{pmatrix} 0.036 & 0.348 & 0.524 & 0.091 \\ 0.008 & 0.142 & 0.406 & 0.424 \end{pmatrix} =$$

$$[0.0273 \ 0.2839 \ 0.4873 \ 0.1946],$$

归一化得 $B_6 = [0.0275 \ 0.2859 \ 0.4907 \ 0.1959]$;

$$B = A * R = [0.1809 \ 0.1354 \ 0.1894 \ 0.1823$$

$$0.1326 \ 0.1794]^*$$

$$\begin{pmatrix} 0.0943 & 0.3957 & 0.2634 & 0.2465 \\ 0.1368 & 0.3153 & 0.3949 & 0.1512 \\ 0.0334 & 0.2946 & 0.4997 & 0.1723 \\ 0.0390 & 0.2602 & 0.3926 & 0.3082 \\ 0.0313 & 0.2824 & 0.4403 & 0.2460 \\ 0.0275 & 0.2859 & 0.4907 & 0.1959 \end{pmatrix} =$$

$$[0.0583 \ 0.3062 \ 0.4137 \ 0.2216].$$

2.4 评价值的计算及等级评定

根据已求得的各级指标综合评价等级向量 B_i , 利用公式 $V_i = B_i * E^T$, 即可求得相应评价指标的综合评价值, 即:

$$V_1 = 0.0943 \times 4 + 0.3957 \times 3 + 0.2634 \times 2 + 0.2465 = 2.3376,$$

$$V_2 = 0.1368 \times 4 + 0.3153 \times 3 + 0.3949 \times 2 + 0.1512 = 2.4413,$$

$$V_3 = 0.0334 \times 4 + 0.2946 \times 3 + 0.4997 \times 2 + 0.1723 = 2.1891,$$

$$V_4 = 0.0390 \times 4 + 0.2602 \times 3 + 0.3926 \times 2 + 0.3082 = 2.030,$$

$$V_5 = 0.0313 \times 4 + 0.2824 \times 3 + 0.4403 \times 2 + 0.2460 = 2.099,$$

$$V_6 = 0.0275 \times 4 + 0.2859 \times 3 + 0.4907 \times 2 + 0.1959 = 2.145.$$

由上述计算结果与表1的评价分级标准对照可

知, 株洲城市6个评价指标的评价结果均为“良好”, 属于 e_2 级, 按照各指标评分等级的大小可以对其排序, 其中“城市整体环境品质”“绿化和景观”的评价要比其它指标稍高一点。

而整体环境评价指标的综合评价值为:

$V = 0.0583 \times 4 + 0.3062 \times 3 + 0.4137 \times 2 + 0.2216 = 2.2008$, 说明株洲城市的总体质量为“良好”, 属于 e_2 级。这与6个一级指标的评价结果相对应, 进一步说明评价结果的准确性和真实性, 与客观事实相符合。本文构建的评价模型基本符合实际情形, 其评价结果有利于促进株洲市对其资源的合理利用, 并对已有资源进行优化整合, 从而促进株洲城市环境质量整体水平的提高, 构建和谐生态城市^[5]。

3 改善环境质量相关建议

1) 继续加大产业结构调整。株洲市至今仍以冶金、化工、火电等重工业为主, 重工业型的产业结构使得资源、能源消耗量大, 工业结构性污染问题十分突出。目前, 株洲市火力发电、有色冶炼产生的二氧化硫排放量占全市的90%, 化工行业化学需氧量、氨氮排放量分别占全市的70%和90%^[6], 这些行业高能耗、高污染, 不宜再扩大生产规模。株洲市应充分利用其交通优势, 积极发展动车、物流、新材料、服饰等新型行业。

2) 加大环境保护的投入。株洲城市环境保护的投入主要在以下4个方面: 一是加强湘江流域水污染综合整治和城市4港水治理。加快推进化工、冶炼、建材、造纸、煤炭和洗水等重点行业的污染治理, 加大城市4港港水治理的力度, 提高城市生活污水和生活垃圾的处理率。二是加强清水塘工业区环境污染综合整治。采取关停、淘汰、退转、改造、限期治理等措施, 巩固清水塘工业区工业污染源主要污染物治理达标成果, 实现工业污染源全面达标排放和园区环境质量彻底改变。三是加强城市环境综合整治。加强扬尘、油烟、噪声、机动车尾气污染综合整治, 拆除废弃烟囱。四是加强重金属污染土壤治理和生态修复。采用工程治理、生物修复等技术对我市重金属污染土壤区域进行治理。

3) 建立高效的环保执法体系。按照国家相关的产业政策, 严格限制和禁止发展高能耗、重污染产业, 以云龙示范区发展模式为样本, 大力发展科技含量高的环保型产业。加快工业污染防治的“三个转变”, 大力推行清洁生产审计制度, 限期治理那些不符合国家产业政策, 污染重、治理难、效益差和

污染超标排放的企业。实施“数字环保”工程,充分使用数字技术监控企业排污,从而达到控制和削减企业排污的目的。

4) 完善环保考核体系。吸收和借鉴世界先进国家的环保经验,制定、修订污染源自动监控、环境信息传输等有关标准和技术规范,使各项数据采集、处理、利用和传输达到国际一流水平。科学界定环保行政管理部门的职责,建立起科学的环保政绩考核制度和绿色GDP绩效评估体系。建立和完善污染源自动监控和监督性监测、环境监察、环境统计等方面的法律法规,研究制定有利于污染减排的环境经济政策,进一步规范管理行为。同时坚持原始创新、集成创新,突破技术难点,为株洲市污染减排建设提供技术支持。

5) 加强环保宣传,提高人民的环保意识。通过印发环保资料、开展环保法律法规咨询、进行环保知识竞赛等活动加强环保宣传教育,组织开展创建“绿色城市”、“和谐社区”等活动,提高全民环保意识;加大创建国家级生态示范区工作的宣传发动,号召全民积极投入创建国家级生态示范区活动,为创建株洲生态家园共同努力。开展环保科技竞赛和环保知识下乡活动,加强城市居民的环保意识。

参考文献:

- [1] 胡永宏,贺恩辉.综合评价方法[M].北京:科学出版社,2000:167-188.
Hu Yonghong, He Enhui. Comprehensive Evaluation Method[M]. Beijing: Science Press, 2000: 167-188.
- [2] 李祚泳.环境质量评价原理与方法[M].北京:化学工业出版社,2004:69-133.
Li Zuoyong. Principle and Method of Environmental Quality Assessment[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004: 69-133.
- [3] 谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用[M].武汉:华中理工大学出版社,2000:205-211.
Xie Jijian, Liu Chengping. The Fuzzy Mathematics Approach and Its Application[M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2000: 205-211.
- [4] 荣 誉.空气环境质量模糊综合评价方法的改进[J].中国环境管理干部学院学报,2000(2):59-61.
Rong Yu. Improve the Fuzzy Comprehensive Assessment Method on Air Environment Quality[J]. Journal of Environmental Management College of China, 2000(2): 59-61.
- [5] 吴 宁.模糊综合法在城市环境质量评价中的应用[J].气象科技,2005,33(6):548-549.
Wu Ning. Application of Fuzzy Comprehensive Method in Urban Environmental Quality Assessment[J]. Meteorological Science and Technology, 2005, 33(6): 548-549.
- [6] 包晓风,雷 鸣,朱利权,等.株洲市区大气环境质量现状评价、预测及其防治对策[J].环境科学与管理,2007,32(7):179-182.
Bao Xiaofeng, Lei Ming, Zhu Liquan, et al. Assessment and Forecast of Atmospheric Environment Quality in Zhuzhou City and Its Countermeasures[J]. Environmental Science and Management, 2007, 32(7): 179-182.

(责任编辑:李玉珍)