

DOI: 10.3969/j.issn.1003-0972.2012.03.010

基于模糊综合评判的郑州城市生态化水平动态评价

耿鹏旭*, 钱宏胜, 阎志强

(平顶山学院 资源与环境科学学院, 河南 平顶山 467000)

摘 要: 在生态城市评价综述的基础上, 构建城市生态化水平评价指标体系, 运用模糊综合评判法对郑州市 2005—2009 年城市生态化水平进行动态评价, 运用回归分析法建立预测模型, 并对其趋势进行了预测. 结果表明: 城市生态化水平影响因素复杂, “十一五”期间郑州市生态化水平整体层次不高, 但生态化建设效果明显, 2007 年是郑州城市生态化水平提升的重要的转折点, 且呈良好趋势发展, 预测到 2015 年生态化水平将超过 82.5, 达到“较好”等级水平.

关键词: 生态城市; 层次分析法; 模糊综合评价; 郑州市

中图分类号: K901.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-0972(2012)03-0319-05

Dynamic Evaluation of Ecological Level of Zhengzhou City Based on the Fuzzy Comprehensive Evaluation

GENG Peng-xu*, QIAN Hong-sheng, YAN Zhi-qiang

(College of Resources and Environmental Sciences, Pingdingshan University, Pingdingshan 467000, China)

Abstract: The index system of evaluating ecological level of city was established based on comprehensive analysis of ecological city. The ecological level of Zhengzhou city from 2005 to 2009 was evaluated by using fuzzy comprehensive method. The forecast model was established and the trend of ecological level from 2010 to 2015 was predicted by using regression analysis. The results showed that the overall ecological level of Zhengzhou city was not high during the eleventh five-year plan, meanwhile Zhengzhou city achieved a lot of success in the ecological construction. The results indicated that the development trend of the ecological level of Zhengzhou city would become better and better.

Key words: ecological city; analytic hierarchy process; fuzzy comprehensive evaluation; Zhengzhou city

0 引言

“生态城市”这一概念是在 20 世纪 70 年代联合国教科文组织发起的“人与生物圈(MAB)”计划研究过程中被提出来的^[1]. 所谓生态城市是以现代生态学的科学理论为指导, 以生态系统的科学调控为手段, 建立起来的一种能够促使城市人口、自然、资源和谐共处, 社会、经济、环境协调发展, 物质、能量、信息高效利用的城镇型人类聚落地^[2]. 城市生态化水平的度量是因生态城市研究而发展起来的, 城市生态化就是实现城市社会—经济—自然复合生态系统整体协调而达到一种稳定有序状态的演进过程, 不是单纯生物学的含义, 而是综合、整体的概念, 蕴含社会、经济、自然复合生态的内容^[3]. 近年来, 部分学者在城市生态化的内涵探讨基础上, 构建其评价指标体系, 并利用指标综合的方法对其进行评价, 如国内著名生态学家马世骏等^[4]明确指出城市是典型的“社会—经济—自然复合生态系统”; 谢

鹏飞等^[5]从生态环境健康、经济持续发展、社会和谐进步 3 个方面构建了评价指标体系, 并选取了 13 个城市生态示范案例进行了评价; 宋永昌等^[6]从城市生态系统结构、功能和协调度 3 个方面构建了评价指标体系, 提出了其评价方法; 王云才等^[7]立足城市整体人类生态系统, 提出生产功能、服务功能、聚居功能、健康安全、管理与影响 5 个层面共 15 个指标的生态城市评价的创新体系; 徐志虎等^[8]基于城市复合生态系统内涵, 从促进城市生态化的能力结构即 5 个能力支持子系统方面构建城市生态化水平评价的基础变量指标体系. 但已有研究存在以下问题: 一是评价指标体系庞大, 动态指标偏少; 二是指标之间联系考虑不够, 缺乏全面视角; 三是部分指标仅适用于个案, 对应指标数据获取难度较大, 可操作性差; 四是城市生态化水平的动态变化和趋势关注不够^[9], 对城市管理指导意义有限.

鉴于此, 本研究以河南省郑州市为例, 从自然系统、经

收稿日期: 2012-01-16; 修订日期: 2012-03-12; * . 通讯联系人, E-mail: gengpengxu@163.com

基金项目: 河南省科技攻关项目(102102110137); 平顶山学院省级特色专业资源环境与城乡规划管理专业资助项目

作者简介: 耿鹏旭(1965—), 男, 河南登封人, 副教授, 硕士, 主要从事生态环境研究.

济系统、社会系统构建评价指标体系,对郑州市2005—2009年城市生态化水平进行动态评价,从而为郑州市生态建设提供参考。

1 城市生态化水平的模糊综合评判

1.1 模糊综合评价方法

模糊综合评判方法是一种运用模糊数学原理分析和评价具有“模糊性”的事物的系统分析方法。它是一种以模糊推理为主的定性定量相结合、精确与非精确相统一的分析评价方法。综合考虑城市生态发展水平是一个动态模糊的概念,影响的指标也具有多样性和复杂性,适宜作为一个模糊问题来处理,因此本研究采用模糊数学中的模糊综合评判的方法进行评价。模糊综合评价模型的构建按以下的步骤进行:

(1) 对评价系统进行层次分析。建立目标层(A)、系统层(B)、准则层(C)和指标层(D)。将总目标分为3个系统 $B_i, i=1, 2, 3$ 。

$$A = \{B_1, B_2, B_3\}. \quad (1)$$

系统层B,包含m个准则,具体的数值由i系统层下的指标数来决定。

$$B_i = \{C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{im}\}, \quad (2)$$

式(2)中 C_{im} 为第i系统层下的第m个具体准则。

准则层C,包含n个指标,具体的数值由m准则层下的指标数来决定。

$$C_{im} = \{D_{im1}, D_{im2}, \dots, D_{imn}\}, \quad (3)$$

式(3)中 C_{im} 为第i系统的第m准则层下的第n个具体指标。

(2) 确定各层次的权重值。权重值包括系统层相对于总目标层的权重集,准则层相对于系统层的权重集和指标层相对于准则层的权重集。

$$W_A = (w_{B1}, w_{B2}, w_{B3}), \quad (4)$$

$$W_{B_i} = (w_{C_{i1}}, w_{C_{i2}}, \dots, w_{C_{im}}), \quad (5)$$

$$W_{C_{im}} = (w_{D_{im1}}, w_{D_{im2}}, w_{D_{imn}}), \quad (6)$$

式中:im表示第i个系统层所含的准则数为m,imn表示第i个系统层中第m个准则层所含的指标数为n。

(3) 确定评语等级标准集合。

$$V = \begin{bmatrix} V_{1111} & V_{1112} & V_{1113} & V_{1114} & V_{1115} \\ V_{1121} & V_{1122} & V_{1123} & V_{1124} & V_{1125} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{1imn1} & V_{1imn2} & V_{1imn3} & V_{1imn4} & V_{1imn5} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

式(7)中 V_{imnp} 表示第i系统层第m准则层下的第n个指标所对应的第p级评价标准。本研究评价等级分为好、较好、一般、较差和差5个等级。

(4) 根据各指标特征,拟定各指标的隶属函数,建立隶属度矩阵R,进而得到模糊关系矩阵。

$$R = (R_1, R_2, R_3)^T, \quad (8)$$

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & r_{i14} & r_{i15} \\ r_{i21} & r_{i22} & r_{i23} & r_{i24} & r_{i25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{imn1} & r_{imn2} & r_{imn3} & r_{imn4} & r_{imn5} \end{bmatrix}, \quad (9)$$

式(9)中 r_{imn5} 为第i系统层中第m准则层下的第n个具体指标所对应p等级的隶属度。

(5) 分级模糊综合评价。城市生态化评价指标体系共分为四层,因此可进行三级模糊综合评价,即指标层对准则层、准则层对系统层、系统层对目标层的评价。

指标层对准则层的模糊评价为:

$$C = (C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{im})^T, \quad (10)$$

$$C_{im} = W_{Dim} \circ R_i = (w_{Dim1}, w_{Dim2}, \dots, w_{Dimn}) \circ$$

$$\begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & r_{i14} & r_{i15} \\ r_{i21} & r_{i22} & r_{i23} & r_{i24} & r_{i25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{imn1} & r_{imn2} & r_{imn3} & r_{imn4} & r_{imn5} \end{bmatrix} = (C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{im5}). \quad (11)$$

式(11)中 C_{im} 为第i系统层下第m准则层的模糊评价。

准则层对系统层的模糊评价为:

$$B = (B_1, B_2, \dots, B_i)^T, \quad (12)$$

$$B_i = W_{Ci} \circ C = (w_{Ci1}, w_{Ci2}, \dots, w_{Cim}) \circ$$

$$\begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & r_{i14} & r_{i15} \\ r_{i21} & r_{i22} & r_{i23} & r_{i24} & r_{i25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{imn1} & r_{imn2} & r_{imn3} & r_{imn4} & r_{imn5} \end{bmatrix} = (C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{i5}), \quad (13)$$

式(13)中 B_i 为第i(p=1,2,3)系统层的模糊评价。

系统层对目标层的模糊评价为:

$$S = W_B \circ B = (w_{B1}, w_{B2}, w_{B3}) \circ$$

$$\begin{bmatrix} W_{C1m} \circ R_1 \\ W_{C2m} \circ R_2 \\ W_{C3m} \circ R_3 \\ W_{C4m} \circ R_4 \\ W_{C5m} \circ R_5 \end{bmatrix} = (S_1, S_2, S_3, S_4, S_5), \quad (14)$$

式(14)中 S_p (p=1,2,3,4,5)为城市生态化对第p等级的隶属度,S为城市生态化对5个级别的隶属度矩阵,运算“ $\circ$ ”为模糊合成算子。

(6) 评价结果的处理。若上述计算的隶属度矩阵S不足 $\sum_{p=1}^5 S_p = 1$,则需要进行归一化处理,即

$$P_p = \frac{S_p}{\sum_{p=1}^5 S_p}, (p=1, 2, 3, 4, 5), \quad (15)$$

从而使

$$\sum_{p=1}^5 S_p = 1. \quad (16)$$

经归一化处理后得到新的判断矩阵

$$P = (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5). \quad (17)$$

根据最大隶属度原则,选取

$$\max_j = \{P_j\}, (j=1,2,3,4,5). \quad (18)$$

相对应的评价等级作为评价结果,从而对城市生态化水平做出评价。

1.2 评价指标体系的构建及权重的确定

1.2.1 评价指标体系构建的原则

城市生态化是涉及到经济、社会、环境和技术等各种因素,是一个复杂的综合性系统。因此,城市生态评价的关键在于评价指标体系构建的科学性。在城市生态化水平评价指标体系构建过程中,遵循了整体性和层次性、科学性和可

操作性、典型性和代表性、动态性和发展性的原则。

1.2.2 评价指标体系的构建

城市生态化水平评价体系的构建主要涉及两类指标体系,一类是把城市看作是自然、经济、社会三方面组成综合性的复杂系统,二类是从结构、功能、协调度三个角度建立评价指标体系,并对城市的发展水平和协调度进行评价。鉴于一类指标体系具有一定的普适性,二类指标体系仍存在诸多争议,本研究选取一类指标体系从自然、经济、社会构建了33个评价因子(见表1)。

表1 城市生态评价体系及各层次指标权重

Tab.1 Ecological evaluation system of city and weights of multi-layers' indexes

目标层	系统层(权重)	准则层(权重)	指标层(权重)
城市生态化水平	自然系统(0.17)	自然生态(0.44)	人均公共绿地面积(m^2) (0.26) 建成区绿化覆盖率(%) (0.33) 人均耕地面积(667m^2) (0.41)
		环境质量(0.39)	万元GDPCOD排放量($\text{kg}/\text{万元}$) (0.12) 万元GDPSO ₂ 排放量($\text{kg}/\text{万元}$) (0.15) 饮用水达标率(%) (0.45) 环境空气质量日报良好率(%) (0.28)
		环境治理0.17	工业废水排放达标率(%) (0.29) 垃圾粪便无害化处理率(%) (0.20) 废弃物综合利用率(%) (0.34) 污水处理率(%) (0.17)
	经济系统(0.44)	经济水平0.31	人均GDP(元) (0.25) 城镇居民年人均可支配收入(元) (0.35) GDP年增长率(%) (0.21) 恩格尔系数(%) (0.24)
		经济结构0.49	第三产业占GDP的比重(%) (0.22) 高新技术产业工业产值占GDP的比例(%) (0.33) 环境污染治理投资占GDP的比例(%) (0.14) 教育经费投入占GDP的比例(%) (0.14) R&D经费投入占GDP的比例(%) (0.17)
		发展能力0.20	劳动生产率(元/人) (0.20) 单位GDP电耗($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{万元}$) (0.40) 单位GDP能耗(标煤吨/万元) (0.40)
		人口状态0.17	市区人口密度(人/ km^2) (0.21) 人口自然增长率(‰) (0.24) 每万人卫生技术人员人数(人/万人) (0.55)
	社会系统(0.39)	资源配置0.39	人均住房面积($\text{m}^2/\text{人}$) (0.40) 人均道路面积($\text{m}^2/\text{人}$) (0.14) 每万人拥有的医院床位数(床/万人) (0.23) 每万人拥有的公交车辆数(辆/万人) (0.23)
		社会进步0.44	城镇登记人口失业率(%) (0.31) 基尼系数(0.49) 城镇化率(%) (0.20)

1.3 评价指标权重的确定

本研究采用层次分析法进行权重计算,层次分析法是一种定性定量相结合的决策分析方法。该方法常被运用于多目标、多准则、多要素、多层次的非结构化的复杂决策问题^[10]。为确认计算结果的有效性,对以上表1各权重进行了一致性检验,其一致性比例CR均小于0.1,表明权重具有满意的一致性。由于篇幅的限制,在此不再赘述。

2 郑州市生态化水平评价

2.1 数据来源

评价指标的数据主要来源于郑州市统计年鉴(2006—2010),河南省统计年鉴(2006—2010),郑州市环境质量公报(2006—2010),郑州市国民经济和社会发展统计公报(2006—2010),另外有些数据需要通过计算获得,但都符合数据的可靠性原则。

2.2 数据处理

(1) 城市生态化评价标准的确定。

表2为城市生态化评价分级标准。

(2) 评价指标的归类。

根据各类指标对城市生态的响应关系,对指标集进行

归类,以便确定不同类型指标的单因素模糊集,即隶属度矩阵.由于模糊集中的元素不再是简单地属于或不属于某个集合,因此在描述元素与模糊集合关系时就要用到隶属度.隶属度是刻画模糊集合中每一个元素对模糊集合的隶属程度的,一般表示成隶属函数的形式.如果一个元素属于某个模糊集合的隶属函数值越大,则这个元素的隶属度就越大,它属于这个集合的程度就越大.根据指标数据和城市生态化水平之间的关系,可分为正向指标和负向指标.

正向指标

当 $x_{inn} > V_{inn1}$ 时,

$$r_{inn1} = 1; r_{inn2} = r_{inn3} = r_{inn4} = r_{inn5} = 0. \quad (19)$$

当 x_{inn} 的实际值介于其对应的第 p 级和第 $p+1$ 级标准

V_{innp} 和 $V_{inn(p+1)}$ 之间时,即当 $V_{innp} \geq x_{inn} \geq V_{inn(p+1)}$ 时,它对 $p+1$ 等级的隶属度为:

$$V_{inn(p+1)} = \frac{V_{innp} - x_{inn}}{V_{innp} - V_{inn(p+1)}}, p = 0, 1, 2, 3, 4. \quad (20)$$

对第 p 等级的隶属度为:

$$r_{innp} = 1 - r_{inn(p+1)}, p = 0, 1, 2, 3, 4. \quad (21)$$

而对其他级别的隶属度均为 0.

当 x_{inn} 的实际值小于其对应的第 V 级标准时,它对第 V 等级的隶属度为 1,而对其他等级的隶属度为 0. 即,

当 $x_{inn} < V_{inn5}$ 时,

$$r_{inn5} = 1; r_{inn1} = r_{inn2} = r_{inn3} = r_{inn4} = 0. \quad (22)$$

表 2 城市生态化评价分级标准

Tab. 2 Classification standard of ecological evaluation of city

指标层	分级标准				
	差(V)	较差(IV)	一般(III)	较好(II)	好(I)
D_1 人均公共绿地面积(m^2)	4	6	8	10	12
D_2 建成区绿化覆盖率(%)	25	30	35	40	45
D_3 人均耕地面积($667m^2$)	0.3	0.45	0.75	1.2	1.5
D_4 万元 GDP COD 排放量($kg/万元$)	1000	800	600	400	200
D_5 万元 GDP SO_2 排放量($kg/万元$)	300	240	180	120	60
D_6 饮用水达标率(%)	80	85	90	95	100
D_7 环境空气质量日报良好率(%)	50	65	75	90	100
D_8 工业废水排放达标率(%)	80	85	90	95	100
D_9 垃圾粪便无害化处理率(%)	60	70	80	90	100
D_{10} 废弃物综合利用率(%)	60	70	80	90	100
D_{11} 污水处理率(%)	25	45	65	85	100
D_{12} 人均 GDP(元)	10 000	25 000	40 000	55 000	70 000
D_{13} 城镇居民年人均可支配收入(元)	10 000	12 500	15 000	17 500	20 000
D_{14} GDP 年增长率(%)	5	7	10	14	18
D_{15} 恩格尔系数(%)	60	50	40	30	20
D_{16} 第三产业占 GDP 的比重(%)	25	40	55	65	75
D_{17} 高新技术产业工业产值占 GDP 的比例(%)	3	5	10	15	25
D_{18} 环境污染治理投资占 GDP 的比例(%)	0.8	1.5	2	2.5	3
D_{19} 教育经费投入占 GDP 的比例(%)	0.5	1	1.5	2	2.5
D_{20} R&D 经费投入占 GDP 的比例(%)	0.5	1	1.5	3	5
D_{21} 劳动生产率(元/人)	100 000	150 000	200 000	250 000	30 0000
D_{22} 单位 GDP 电耗($kW \cdot h/万元$)	2000	1750	1500	1250	1000
D_{23} 单位 GDP 能耗(标煤 吨/万元)	1.5	1.3	1	0.7	0.5
D_{24} 市区人口密度(人/ km^2)	13 000	11 000	8500	6000	3500
D_{25} 人口自然增长率(‰)	5	4	2.35	1.2	0.7
D_{26} 每万人卫生技术人员人数(人/万人)	30	40	50	60	70
D_{27} 人均住房面积($m^2/人$)	10	12	15	20	25
D_{28} 人均道路面积($m^2/人$)	5	8	12	15	20
D_{29} 每万人拥有的医院床位数(床/万人)	30	40	50	60	70
D_{30} 每万人拥有的公交车辆数(辆/万人)	8	10	12	14	16
D_{31} 城镇登记人口失业率(%)	7	6	5	4	3
D_{32} 基尼系数	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2
D_{33} 城镇化率(%)	30	45	60	75	90

注:生态城市评价分级标准表主要参考王晓婵和高长波等人的标准^[11-12],但有一些标准是根据郑州市的实际情况调整的.

2.3 结果分析及预测

2.3.1 城市生态化水平整体层次不高

通过计算得到隶属度矩阵后,再和指标层的权重通过模糊算子的计算,得到城市生态化水平的评价结果(表 3).

根据公式(18)隶属度最大的原则可以看出,“十一五”期间郑州市城市生态化水平尚处在“一般”水平或“较差”水平,经归一化处理其最大值比重在 0.30~0.40 之间,城市生态化整体水平不高.

表3 郑州市 2005—2009 年城市生态化水平评价结果

Tab. 3 Evaluation result of ecological level
in 2005—2009 of Zhengzhou city

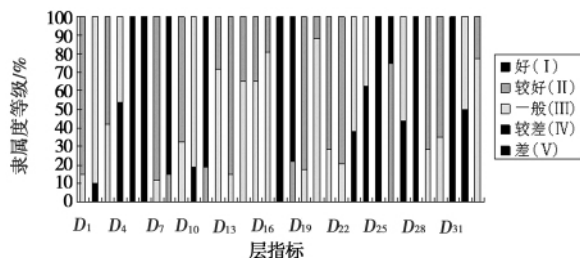
年份	城市生态化水平评价结果				
	差(V)	较差(IV)	一般(III)	较好(II)	好(I)
2005	0.22	0.33	0.28	0.05	0.12
2006	0.16	0.32	0.30	0.15	0.07
2007	0.14	0.27	0.37	0.12	0.10
2008	0.14	0.18	0.41	0.18	0.09
2009	0.02	0.19	0.36	0.30	0.13

2.3.2 城市生态化建设效果明显

“十一五”期间,郑州市加快生态市建设力度,以生态建设、生态安全、生态文明和城市可持续发展为目标,推动城市社会—经济—自然生态系统协调发展,城市生态化水平建设水平稳步提高,其中 2007 年是其城市生态化水平提升的重要的转折点. 为了进一步探讨其生态建设进度和效果,不妨设评价集中每个等级的标准值分数为{37.5, 52.5, 67.5, 82.5, 95}^[13], 则 2005 年郑州市城市生态化水平的评价为 60.00 分. 同样方法,可得到郑州市 2006—2009 年城市生态化水平评价的得分分别为 62.08、63.80、65.78、72.13, 郑州市城市生态化水平建设效果明显.

2.3.3 城市生态化水平影响因素复杂

对郑州市 2009 年城市生态化水平评价体系中的 33 个指标的隶属度作图,如图 1 所示.

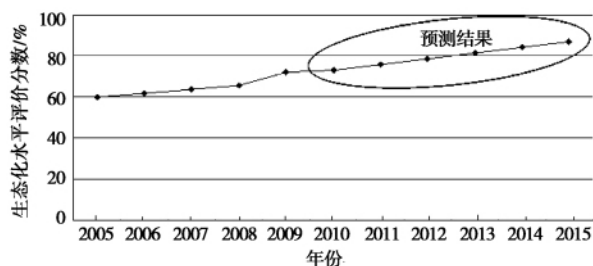
图1 郑州市 2009 年城市生态化水平
评价体系中 33 个指标的隶属度Fig. 1 Membership degrees of 33 indexes
of ecological level evaluation system
in 2009 of Zhengzhou city

从图 1 可以看出, D_6 饮用水达标率、 D_{31} 城镇登记人口失业率完全属于第 I 等级, 发展水平处于好的状态; D_8 工业废水排放达标率、 D_{11} 污水处理率、 D_{18} 环境污染治理投资占 GDP 的比例属于第 I 等级, 发展水平较高; D_1 人均公共绿地面积、 D_3 人均耕地面积、 D_7 环境空气质量预报良好率、 D_9 垃圾粪便无害化处理率、 D_{13} 城镇居民年人均可支配收入、 D_{19} 教育经费投入占 GDP 的比例、 D_{21} 劳动生产率、 D_{22} 单位 GDP 电耗、 D_{26} 每万人卫生技术人员人数、 D_{29} 每万人拥有的医院床位数、 D_{30} 每万人拥有的公交车辆数属于第 II 等级, 发展水平较好; D_2 建成区绿化覆盖率、 D_{10} 废弃物综合利用率、 D_{12} 人均 GDP、 D_{14} GDP 年增长率、 D_{15} 恩格尔系数、 D_{16}

第三产业占 GDP 的比重、 D_{20} R&D 经费投入占 GDP 的比例、 D_{23} 单位 GDP 能耗、 D_{27} 人均住房面积、 D_{33} 城镇化率属于第 III 等级, 发展水平一般; D_4 万元 GDPCOD 排放量、 D_5 万元 GDPSO₂ 排放量、 D_{17} 高新技术产业工业产值占 GDP 的比例、 D_{24} 市区人口密度、 D_{28} 人均道路面积属于第 IV 等级, 发展水平较差, 反映了郑州市生态城市建设水平受这些因素的影响较大.

2.3.4 城市生态化水平发展预测

根据城市生态化水平评价得分, 进行回归分析, 得到函数为 $y = 2.795x + 56.37$, 并通过了显著性检验, $R^2 = 0.908$, 由于函数的显著性水平高, 所以可以预测郑州市未来年份的情况, 通过年份数据的代入, 可依次得到郑州市 2010—2015 年城市生态化水平评价的分数, 具体数据如图 2 椭圆区域所示. 通过预测可以得出, 郑州市的城市生态化水平在不断提高, 整体上逐渐向较好的方向发展, 2015 年将超过 82.5, 达到一个较好的水平.

图2 郑州市城市生态化水平质量水平测度及预测
Fig. 2 Measurement and prediction of
ecological level of Zhengzhou city

3 结果与讨论

城市生态系统是高度发达的人工系统, 是人类社会—经济—自然三者之间相互联系、相互作用的综合性复杂系统, 城市生态化水平的提高依赖于城市各社会、经济 and 自然要素系统全面提升. 通过以上的分析可知, “十一五”期间郑州市城市生态化水平尚处在“一般”水平与“较差”水平之间, 城市生态化整体水平不高; 郑州市城市生态化水平建设效果明显, 2007 年是郑州城市生态化水平提升的重要的转折点; 城市生态化水平影响因素复杂, 郑州市万元 GDP 的 COD 排放量、万元 GDP 的 SO₂ 排放量、高新技术产业工业产值占 GDP 的比例、市区人口密度、人均道路面积属于第 IV 等级, 自然生态、经济水平、经济结构、资源配置、社会进步属于第 III 等级, 发展水平一般; 郑州市的城市生态化水平在不断提高, 整体上逐渐向较好的方向发展, 2015 年将达到一个较好的水平.

因此, 要全面提高郑州市的城市生态化水平, 一是要促进城市社会、经济 and 自然生态系统的全面协调发展, 二是降低单位能耗和提高环境质量, 三是加快城市经济结构转型, 提高城市经济效率, 四是稳步推进生态城市建设同时, 加快科技创新能力建设, 提高生态城市科学技术水平.

(下转第 332 页)

参考文献:

- [1] Song X Q, Liang F, Liu N, et al. *Therapeutic efficacy of experimental rheumatoid arthritis with low-dose methotrexate by increasing partially CD4 + CD25 + Treg cells and inducing Th1 to Th2 shift in both cells and cytokines* [J]. Biomed Pharmacother, 2010, 64(7): 463-471.
- [2] Bresnihan B, Roux-Lombard P, Murphy E, et al. *Serum interleukin 18 and interleukin 18 binding protein in rheumatoid arthritis* [J]. Ann Rheum Dis, 2002, 61(8): 726-729.
- [3] Sugiura T, Kawaguchi Y, Ikari K, et al. *Interleukin - 18 promoter polymorphisms in Japanese patients with rheumatoid arthritis: protective effect of the T allele and T/T genotype at rs360722* [J]. Mod Rheumatol, 2011, 21(4): 359-364.
- [4] Sivalingam S P, Yoon K H, Koh D R, et al. *Single-nucleotide polymorphisms of the interleukin - 18 gene promoter region in rheumatoid arthritis patients: protective effect of AA genotype* [J]. Tissue Antigens, 2003, 62(7): 498-504.
- [5] Giedraitis V, He B, Huang W X, et al. *Cloning and mutation analysis of the human IL - 18 promoter: a possible role of polymorphisms in expression regulation* [J]. Neuroimmunol, 2001, 112(2): 146-152.
- [6] Rueda B, Gonzalez-Gay M A, Mataran L, et al. *In terleukin - 18 promoter polymorphisms are not relevant in rheumatoid arthritis* [J]. Tissue Antigens, 2005, 65(6): 544-548.
- [7] McInnes L B, Gracie J A, Leung B P, et al. *Interleukin 18: a pleiotropic participant in chronic inflammation* [J]. Immunology Today, 2000, 7(21): 312-315.
- [8] Wang Y P, Yao H P. *The significance of measurement of interleukin - 18 and in terleukin - 18 binding protein levels in serum and synovial fluid in patients with rheumatoid arthritis* [J]. Laboratory Medicine, 2004, 19(6): 518-520.
- [9] Gracie J A, Koyama N, Murdoch J, et al. *Disease association of two distinct interleukin - 18 promoter polymorphisms in Caucasian rheumatoid arthritis patients* [J]. Genes Immun, 2005, 6(3): 211-216.
- [10] Pawlik A, Kurzawski M, Drozdik M, et al. *Interleukin - 18 gene (IL18) promoter polymorphisms in patients with rheumatoid arthritis* [J]. Scand J Rheumatol, 2009, 38(3): 159-165.
- [11] Niewold T B, Harrison M J, Paget S A. *Anti-CCP antibody testing as a diagnostic and prognostic tool in rheumatoid arthritis* [J]. Q J Med, 2007, 100(4): 193 - 201.
- [12] Rexhepi S, Rexhepi M, Sahatöiu-Meka V, et al. *The role of anti-cyclic citrullinated peptide antibodies in predicting rheumatoid arthritis* [J]. Reumatizam, 2011, 58(1): 12-14.
- [13] Araujo J, Zocher M, Wallace K, et al. *Increased rheumatoid factor interference observed during immunogenicity assessment of an Fc-engineered therapeutic antibody* [J]. J Pharm Biomed Anal, 2011, 55(5): 1041-1049.
- [14] Klaasen R, Cantaert T, Wijbrandts C A, et al. *The value of rheumatoid factor and anti-citrullinated protein antibodies as predictors of response to infliximab in rheumatoid arthritis: an exploratory study* [J]. Rheumatology, 2011, 50(8): 1487-1493.

责任编辑: 任长江

(上接第323页)

参考文献:

- [1] 马交国, 杨永春. 生态城市理论研究综述 [J]. 兰州大学学报: 社会科学版, 2004, 32(5): 108-117.
- [2] 王发曾. 我国生态城市建设的时代意义、科学理念和准则 [J]. 地理科学进展, 2006, 5(2): 7-24.
- [3] 黄光宇, 陈勇. 论城市生态化与生态城市 [J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(6): 28-31.
- [4] 马世骏, 王如松. 社会 - 经济 - 自然复合生态系统 [J]. 生态学报, 1984, 4(1): 1-8.
- [5] 谢鹏飞, 周兰兰, 刘琰, 等. 生态城市指标体系构建与生态城市示范评价 [J]. 城市发展研究, 2010, 17(7): 12-18.
- [6] 宋永昌, 戚仁海, 由文辉, 等. 生态城市的指标体系及评价方法 [J]. 城市环境与城市生态, 1999, 12(5): 16-19.
- [7] 王云才, 石忆邵, 陈田. 生态城市评价体系对比与创新研究 [J]. 城市问题, 2007, (2): 17-21.
- [8] 徐志虎, 白庆华. 城市生态化水平评价方法及其应用 [J]. 生态学杂志, 2011, 30(3): 621-628.
- [9] 黄松林, 王仰麟, 吴健生. 深圳市生态城市建设的定量评估及其发展方向 [J]. 热带地理, 2010, 30(4): 419-424.
- [10] 徐建华. 现代地理学中的数学方法 [M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [11] 王晓婵. 基于可持续发展的城市生态管理研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [12] 高长波, 陈新庚, 韦朝海, 等. 熵权模糊综合评价法在城市生态安全评价中的应用 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(10): 1923-1926.
- [13] 胡建渊, 黄聘. 生态城市模糊综合评价及其决策支持系统 [J]. 现代管理科学, 2006(2): 69-71.

责任编辑: 张建安