

节水型社会建设综合评价体系构建研究

胡德云¹, 詹树新²

(1. 江苏恒逸源工程项目管理有限公司, 江苏 南京 210001; 2. 南京通瑞水利建设有限公司, 江苏 南京 210001)

摘要:近年来,随着水资源的日益短缺,节水型社会创建工作越来越受到广泛关注。选取江阴市为研究对象,从节水管理、节水效率、创新性工作、节水保障等4个方面构建节水型社会建设评价体系,并运用层次分析法和灰关联分析法建立了研究区节水型社会评价模型。根据模型计算结果可知,研究区节水型社会创建工作达到优秀水平,但是在节水管理方面仍存在不足。

关键词:节水型社会; 体系构建; 层次分析法; 灰关联分析法

中图分类号:TV213.4 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2019)07-0024-06

Research on the construction of comprehensive evaluation system of water – saving society

HU Deyun¹, ZHAN Shuxin²

(1. Jiangsu Hengyiyuan Engineering Project Management Co., Ltd., Nanjing 210017, Jiangsu;

2. Nanjing Tongrui Hydraulic Engineering Construction Co., Ltd., Nanjing 210001, Jiangsu)

Abstract: In recent years, the construction of comprehensive evaluation of water – saving society increased more and more attention with the increasing shortage of water resources. Jiangyin city was selected as the research object to construct the evaluation system of water – saving society construction from four aspects, such as water – saving management, water – saving efficiency, innovative work and water – saving guarantee. Moreover, the analytic hierarchy process and grey correlation analysis were used to establish the evaluation model of water – saving society in the research area. According to the model calculation results, the construction of water – saving society in research area had been in excellent stage in general. However, there were shortcomings in water conservation management.

Key words: water – saving society; system construction; analytic hierarchy process; grey relational analysis

1 概述

随着经济社会的发展,水资源短缺、供需不平衡问题已成为制约当今社会经济可持续发展的瓶颈。节水型社会的建立不仅能够有效解决水资源短缺问题,还能够缓解水污染。2013年“节水型社会基本建成,用水总量得到有效控制,用水效率和效益显著提高”是中共十八大提出的建设生态文明社会的主要目标之一^[1]。节水型社会评价体系及评价方法的建立是建设节水型社会的重要环节,有

利于促进节水型社会建设的实施。2005年,水利部制定了《节水型社会建设评价指标体系(试行)》,对试点地区节水型社会评价工作起了指导意义^[2]。本次研究以江苏省江阴市为例,在已有研究成果的基础上,运用层次分析法确定指标评价权重,结合灰关联分析法,在建立节水型社会评价指标体系及对节水型社会建设进行阶段划分的基础上,构建江阴市节水型社会建设评价模型,对该市节水型社会建设现状进行评价,以期为进一步开展节水工作提供思路。

收稿日期:2019-02-11

基金项目:国家自然科学基金项目(41471019)

作者简介:胡德云(1985—),男,本科,工程师,主要从事水利工程建设与管理工作。

2 节水型社会建设评价指标体系

节水型社会评价涉及多方面、多因素,因此节水型社会评价必然涉及到多指标评价,前提是建立科学合理的评价指标体系^[3]。本次研究在分析国内外相关研究成果的基础上,依据全面、系统、科学、可操作等原则,从起步、初级、中等、良好和优良等 5 个方面^[4],建立研究区节水型社会评价指标体系,给出划分标准,具体见表 1。

3 节水型社会评价方法

本次研究主要采用灰关联分析法和层次分析法对研究区节水型社会进行评价,具体步骤为:先采用层次分析法确定指标权重,然后采用灰关联分析法对各指标数据进行评价^[5]。

3.1 层次分析法

层次分析法具有简洁、所需定量数据信息少等优点,具体构建步骤为:(1)依次建立目标层、准则

表 1 节水型社会指标体系构建

目标层	准则层	指标层	阶段划分				
			起步	初级	中等	良好	优秀
节水型社会建设水平综合评价	B ₁ (用水效率)	农田灌溉水利用系数 C ₁ /%	<20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 60	>60
		万元 GDP 用水量 C ₂ /(m ³ · 万元 ⁻¹)	>500	300 ~ 500	120 ~ 300	50 ~ 120	<50
		工业用水重复利用率 C ₃ /%	<30	30 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 90	>90
		万元工业增加值用水量 C ₄ /(m ³ · 万元 ⁻¹)	>108	108 ~ 70	70 ~ 40	40 ~ 30	<30
		城市供水管网漏损率 C ₅ /%	>30	20 ~ 30	10 ~ 20	5 ~ 10	<5
	B ₂ (用水管理)	水平衡测试率 C ₆ /%	<20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 60	>60
		计划用水率 C ₇ /%	<35	35 ~ 55	55 ~ 75	75 ~ 95	>95
		节水型器具普及率 C ₈ /%	<30	30 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 90	>90
		用水定额达标率 C ₉ /%	<30	30 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 90	>90
		污水处理率 C ₁₀ /%	<20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	>80
		节水型载体覆盖率 C ₁₁ /%	<10	10 ~ 20	20 ~ 40	40 ~ 60	>60
		非传统水源利用率 C ₁₂ /%	<2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	>5
		再生水回用率 C ₁₃ /%	<20	20 ~ 40	40 ~ 60	60 ~ 80	>80
	B ₃ (用水保障)	地下水管理水平 C ₁₄	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10
		水功能区水质达标率 C ₁₅ /%	<45	45 ~ 55	55 ~ 65	65 ~ 70	>70
		管理能力 C ₁₆	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10
		制度建设 C ₁₇	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10
		节水宣传 C ₁₈	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10
		投入水平 C ₁₉	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10
B ₄ (创新性工作)	创新性工作 C ₂₀	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10	

层、方案层等层次分析模型；(2) 构建比较判断矩阵，采用标度方法进行量化；(3) 相对权重计算；(4) 对一致性进行检验。

3.2 灰关联分析法

作为灰色系统理论的学科，灰关联分析法基本思想是根据比较序列曲线几何形状相似程度判断关联度，具体步骤如下：

(1) 确定参考值和比较值，以各指标值为考察序列，以标准值为比较序列。

(2) 运用极差变换法对数据进行处理，用以评价指标类型、单位等不同，给评价结果带来的影响。

对于数值越大越优的类型，归一化方法为：

$$Y_0(k) = \begin{cases} 1 & X_0(k) \geq X_{\max}(k) \\ \frac{X_0(k) - X_{\min}(k)}{X_{\max}(k) - X_{\min}(k)} & X_{\min}(k) \leq X_0(k) \leq X_{\max}(k) \\ 0 & X_0(k) \leq X_{\min}(k) \end{cases} \quad (1)$$

$$Y_i(k) = \frac{X_i(k) - X_{\min}(k)}{X_{\max}(k) - X_{\min}(k)} \quad (2)$$

对于数值越小越优的类型，归一化方法为：

$$Y_0(k) = \begin{cases} 1 & X_0(k) \leq X_{\min}(k) \\ \frac{X_{\max}(k) - X_0(k)}{X_{\max}(k) - X_{\min}(k)} & X_{\min}(k) \leq X_0(k) \leq X_{\max}(k) \\ 0 & X_0(k) \geq X_{\max}(k) \end{cases} \quad (3)$$

$$Y_i(k) = \frac{X_{\max}(k) - X_i(k)}{X_{\max}(k) - X_{\min}(k)} \quad (4)$$

(3) 利用关联离散函数，计算指标隶属级别。计算公式为：

$$\Delta_{0i}(k) = |Y_i(k) - Y_0(k)| \quad (5)$$

(4) 计算母序列与子序列的关联性。计算公式为：

$$\xi_{0i}(k) = \frac{\min_i(\min_k(\Delta_{0i}(k))) + \rho \max_i(\max_k(\Delta_{0i}(k)))}{\Delta_{0i}(k) + \rho \max_i(\max_k(\Delta_{0i}(k)))} \quad (6)$$

其中， ρ 为分辨系数，一般取 0.5。

(5) 根据关联度最大阶段为准则层所在阶段，计算准则层关键度，公式为：

$$\gamma_{0i}(j) = \sum_{k=1}^n \omega(k) \xi_{0i}(k) \quad (7)$$

其中， $\omega(k)$ 为由层次分析法得出的各准则层指标权重值。

(6) 为评价研究区节水阶段，按关联度最大即

为节水型社会所取值为原则，计算加权关联度。计算公式为：

$$R_{0i} = \sum_{j=1}^n \omega(j) \gamma_{0i}(j) \quad (8)$$

其中， $\omega(j)$ 为各准则相对于目标层的权重值。

4 实例应用

4.1 研究区域概况

江阴市位于长江三角洲地带，江苏省南部，虽地处江南水乡，但水资源并不丰富。据调查，江阴市多年平均水资源可利用量为 5.30 亿 m^3 ，年取水量却达到 23 亿 m^3 ，是水资源可利用量的 4 倍多。江阴市经济发达，取水必须来源于长江，且江阴水质情况并不乐观，V 类及劣 V 类水体超过水功能区总水体的 50%。缺水及水质污染严重制约着江阴市的经济发展，因此构建节水型社会评价指标体系对江阴市来说刻不容缓。

4.2 研究区节水型社会体系构建及阶段划分

4.2.1 确定指标权重

根据建立的江阴市节水型社会评价模型构造矩阵，根据指标重要性进行比对，进行一致性检验，计算得出 $B_1 \sim B_4$ 准则层指标权重及 $C_1 \sim C_{20}$ 指标层权重，具体见表 2。

4.2.2 灰关联分析法计算及结果分析

(1) 标准化处理

收集江阴市 2017 年相关资料，根据建立的节水型社会指标评价体系，计算江阴市各指标值，定为参考序列。以各指标标准值为比较序列，对参考序列、比较序列进行标准化处理，具体结果见表 3。

(2) 关联度计算

在计算关联度之前，首先计算参考序列与比较序列绝对差，再利用灰关联分析法计算各指标值关联系数^[6]，在计算结果中，找出关联系数最大的，则为该项指标所达到的阶段^[7]。计算结果见表 4。

由表 4 可知，在研究区 $C_1 \sim C_{20}$ 评价指标中，有 12 项阶段判定为优秀， C_3 工业用水重复利用率、 C_6 水平衡测试率、 C_{11} 节水型载体覆盖率、 C_{14} 地下水管理水平、 C_{15} 水功能区水质达标率等 5 项阶段判定为良好， C_5 供水管网漏损率、 C_9 用水定额达标率等 2 项阶段判定为中等，而 C_{13} 再生水回用率判定为初级。

根据 $B_1 \sim B_4$ 准则层权重，利用灰关联分析法计算准则层关联度，取其中最大的关联度为准则层达到的最大阶段。具体计算结果见表 5。

表 2 研究区节水型社会准则层及指标层权重计算结果

准则层	权重	指标层	权重
B ₁ (用水效率)	0.18	农田灌溉水利用系数 C ₁ /%	0.07
		万元 GDP 用水量 C ₂ /(m ³ ·万元 ⁻¹)	0.27
		工业用水重复利用率 C ₃ /%	0.14
		万元工业增加值用水量 C ₄ /(m ³ ·万元 ⁻¹)	0.27
		城市供水管网漏损率 C ₅ /%	0.24
		水平衡测试率 C ₆ /%	0.04
		计划用水率 C ₇ /%	0.15
		节水型器具普及率 C ₈ /%	0.14
B ₂ (用水管理)	0.53	用水定额达标率 C ₉ /%	0.15
		污水处理率 C ₁₀ /%	0.12
		节水型载体覆盖率 C ₁₁ /%	0.14
		非传统水源利用率 C ₁₂ /%	0.04
		再生水回用率 C ₁₃ /%	0.06
		地下水管理水平 C ₁₄	0.04
		水功能区水质达标率 C ₁₅ /%	0.14
		管理能力 C ₁₆	0.28
B ₃ (用水保障)	0.20	制度建设 C ₁₇	0.47
		节水宣传 C ₁₈	0.11
		投入水平 C ₁₉	0.14
B ₄ (创新性工作)	0.09	创新性工作 C ₂₀	0.09

表 3 研究区节水型社会指标值标准化结果

评价指标	各指标值	各指标标准值				
		起步	初级	中等	良好	优秀
C ₁	1.00	0	0.13	0.38	0.75	1.00
C ₂	1.00	0	0.22	0.64	0.92	1.00
C ₃	0.82	0	0.17	0.50	0.83	1.00
C ₄	1.00	0	0.24	0.68	0.94	1.00
C ₅	0.59	0	0.20	0.60	0.90	1.00

(续表 3)

评价指标	各指标值	各指标标准值				
		起步	初级	中等	良好	优秀
C ₆	0.82	0	0.13	0.38	0.75	1.00
C ₇	0.92	0	0.17	0.50	0.83	1.00
C ₈	1.00	0	0.17	0.50	0.83	1.00
C ₉	0.64	0	0.17	0.50	0.83	1.00
C ₁₀	1.00	0	0.17	0.50	0.83	1.00
C ₁₁	0.83	0	0.10	0.40	0.80	1.00
C ₁₂	1.00	0	0.17	0.50	0.83	1.00
C ₁₃	0.18	0	0.17	0.50	0.83	1.00
C ₁₄	0.73	0	0.25	0.50	0.75	1.00
C ₁₅	0.87	0	0.20	0.60	0.90	1.00
C ₁₆	1.00	0	0.25	0.50	0.75	1.00
C ₁₇	1.00	0	0.25	0.50	0.75	1.00
C ₁₈	1.00	0	0.25	0.50	0.75	1.00
C ₁₉	1.00	0	0.25	0.50	0.75	1.00
C ₂₀	0.90	0	0.25	0.50	0.75	1.00

表 4 指标层关联系数计算结果

评价指标	起步	初级	中等	良好	优秀	阶段判定
C ₁	0.33	0.36	0.44	0.67	1.00	优秀
C ₂	0.33	0.39	0.58	0.87	1.00	优秀
C ₃	0.38	0.43	0.61	0.97	0.73	良好
C ₄	0.33	0.40	0.61	0.89	1.00	优秀
C ₅	0.46	0.56	0.99	0.62	0.55	中等
C ₆	0.38	0.42	0.53	0.88	0.73	良好
C ₇	0.35	0.40	0.54	0.85	0.86	优秀
C ₈	0.33	0.38	0.50	0.75	1.00	优秀
C ₉	0.44	0.51	0.78	0.72	0.58	中等
C ₁₀	0.33	0.38	0.50	0.75	1.00	优秀

(续表4)

评价指标	起步	初级	中等	良好	优秀	阶段判定
C ₁₁	0.38	0.41	0.54	0.94	0.75	良好
C ₁₂	0.33	0.38	0.50	0.75	1.00	优秀
C ₁₃	0.74	0.98	0.61	0.43	0.38	初级
C ₁₄	0.41	0.51	0.69	0.95	0.65	良好
C ₁₅	0.37	0.43	0.65	0.94	0.79	良好
C ₁₆	0.33	0.40	0.50	0.67	1.00	优秀
C ₁₇	0.33	0.40	0.50	0.67	1.00	优秀
C ₁₈	0.33	0.40	0.50	0.67	1.00	优秀
C ₁₉	0.33	0.40	0.50	0.67	1.00	优秀
C ₂₀	0.36	0.44	0.56	0.77	0.83	优秀

表5 准则层关联度计算结果

准则层	起步	初级	中等	良好	优秀
节水效率	0.37	0.44	0.68	0.81	0.85
节水管理	0.39	0.45	0.59	0.81	0.80
节水保障	0.33	0.40	0.50	0.67	1.00
创新性工作	0.54	0.47	0.39	0.38	1.00
总加权关联度	0.39	0.44	0.57	0.74	0.87

根据表5 关联度计算结果可知,研究区节水型社会创建工作中,节水效率、节水保障、创新性工作均处于优秀阶段,而节水管理尚处于良好阶段。根据总加权关联度计算结果可知,根据灰关联分析法计算原则,取其中最大的关联度 0.87,达到优秀标准,说明研究区节水型社会创建工作达到优秀标准。

同时,根据计算结果可知,下一步研究区在 C₁₃ 再生水回用率、C₅ 供水管网漏损率等 8 个方面要加强管理,加强再生水利用,推进城市地区供水管网建设和改造,加强水资源合理利用,加强水环境治理,在节水型社会建设上再创佳绩。

5 结论

根据研究区节水型社会创建特点,建立了节水

型社会建设评价指标体系,并用层次分析法、灰关联分析法分析研究区节水型社会创建的指标权重,建立评价模型。根据模型计算结果可知,研究区节水型社会创建工作目前处于优秀水平,但是也有一些不足,下一步,研究区需重点加强节水管理工作。该模型评价结果符合实际,具有广泛适用性,对其他城市节水型社会创建工作有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 刘煜晴,沙晓军,袁艳梅,等. 基于 AHP 和 GRA 的江阴市节水型社会建设综合评价[J]. 水资源与水工程学报, 2016(12):239-242.
- [2] 王曦,张永丽,陈康. 基于 AHP 的节水型社会建设评价[J]. 人民黄河, 2012, 34(6):80-82.
- [3] 颜志衡,袁鹏,黄艳,等. 节水型社会模糊层次评价模型研究[J]. 水电能源科学, 2010, 28(4):35-39.
- [4] 李艳,陈晓宏,张鹏飞. 基于 TOPSIS 法的广东省节水型社会建设评价[J]. 人民珠江, 2014(3):1-3.
- [5] 王晶,张雅君. 基于“D-P-S-R”模型的节水型绿色生态居民生活小区评价指标体系构建[J]. 环境保护与循环经济, 2011(2).
- [6] 褚俊英,王浩,秦大庸,等. 我国节水型社会建设的主要经验、问题与发展方向 [J]. 中国农村水利水电, 2007(1).
- [7] 麦少芝,徐颂军,潘颖君. PSR 模型在湿地生态系统健康评价中的应用[J]. 热带地理, 2005(4).