

基于 AHP 法的四川省水资源 可持续利用综合评价

张 臻¹, 王龙昌¹, 杨 松¹, 孙 凡², 梅潇霄¹, 党甲军¹

(1. 西南大学农学与生物科技学院, 重庆 400716; 2. 西南大学资源环境学院, 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400716)

摘 要: 为对四川省的水资源可持续利用程度做出科学判断, 以可持续发展理论为基础, 结合研究区域的基本特点, 选取了社会经济状况、生态环境状况、水资源状况和水资源利用程度 4 个方面对其水资源可持续利用程度进行综合评价。利用层次分析法, 确定评价指标体系中各指标相对重要权值, 根据研究区 2000~2006 年的相关数据计算出各指标的定量取值。最后定义一个综合评价指数, 对研究区水资源可持续利用程度进行定量地综合评价。结果表明: 所选的 4 个考查准则分别处于较差和一般可持续利用水平, 加权叠加的水资源可持续利用也长期处于一般可持续利用水平, 因此需采取一系列措施提高水资源可持续利用程度。

关键词: 水资源; 可持续利用; 层次分析法(AHP); 四川省

中图分类号: TV213 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)04-0213-06

水是一切生命活动的物质基础, 是人类社会赖以生存和发展的基础性资源。随着经济的发展和人口的剧增, 水资源短缺矛盾更为突出^[1]。水资源短缺成为整个社会发展的主要限制性因素之一^[2-4]。

水资源可持续利用是可持续发展概念在水资源研究领域的延伸和拓展, 是可持续发展框架下水资源利用的一种新理念, 其根本目的是在维持水资源的持续性和生态系统完备性的前提下, 支持人口、资源、环境与社会经济协调发展和满足代内、代际用水需要的全过程, 是水资源的开发、利用、保护和综合管理一体化的集成。对水资源进行可持续利用评价时, 应综合考虑生态环境需水方面和社会经济方面水资源供用情况, 应考虑生态环境保育水资源的持续能力, 反映水资源供需平衡的持续能力, 将水资源可持续利用作为一个整体系统看待。

四川省位于中国西南, 地处长江上游。国土面积 48.5 万 km², 人口约 8 722.52 万人。水资源以河川径流为主, 可利用率不高; 水资源时空分布不均, 径流的地区差异大; 水能丰富, 开发条件优越。水质污染日趋严重, 加之近年水电资源的不合理开发, 其水资源的可持续利用面临严峻挑战^[5]。基于此, 本文针对该省水资源利用现状, 对其可持续利用程度进行评价, 并为区域水资源的科学开发和管理提出合理建议。

1 研究方法

水资源可持续利用程度的评价是通过多个指标来进行的。不同的区域指标选取及其相对重要性也会有所不同。因此在遵循统一原则的基础上, 对不同区域的水资源系统, 科学合理、因地制宜地确定指标的相对重要性, 是准确评价其可持续利用程度的关键^[6]。

层次分析法是美国运筹学家 Saaty A L 在 20 世纪 70 年代提出的一种定量与定性相结合的方法, 该方法将复杂对象分成若干层次和若干因素来逐步分析, 对于解决不能完全定量分析的复杂问题的综合情况十分的简便, 使定性与定量因素并存的问题最终得以定量分析, 可大大减少定性分析造成的误差及失真现象。鉴于此, 在深入调查和专家咨询的基础上, 本文采用层次分析法(AHP)对四川水资源可持续利用程度的指标权重进行计算^[7]。

1.1 层次分析法基本原理

在层次结构中, 对同一层次各元素关于上一层次中某一准则的重要性进行两两比较, 并给出判断, 按照 9 位标度法, 将其数值表示出来, 构成判断矩阵, 该矩阵具有一致性, 为正互反矩阵。

假设 A 层次中的 A_k 元素与下一层次 B 中的 B₁, B₂, ..., B_n 元素有关联, 则根据判断矩阵, 可以算出

收稿日期: 2008-07-21

基金项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD15B00); 国家 863 计划课题资助项目(200601102A047); 国家自然科学基金(30871474); 重庆市自然科学基金(CSTC.2006BB1028); 西南大学农业部生物技术与作物品质改良重点开放实验室开放基金

作者简介: 张 臻(1984—), 男, 江西赣州人, 在读博士, 主要从事农业生态研究。E-mail: jimzhzh0716@yahoo.com.cn。

通讯作者: 王龙昌(1964—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事生态农业与可持续发展研究。E-mail: wanglc2003@163.com。

其 B_i 在 A_k 中占有的权重可以表示为 $W_i = W(B_i)$, 向量 $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ 即为单排序权重。

假设构造的 n 阶判断矩阵为 B , 则计算 W 的方法就是计算矩阵 B 的满足等式 $BW = \lambda_{\max} W$ 的最大特征根 λ_{\max} 和特征向量 W 。采用和法求解 λ_{\max} 和 W 。即首先将矩阵 B 按列进行归一化处理, 得矩阵

$$Q = (q_{ij})_{n \times n}, \text{ 其中, } q_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{\sum_{k=1}^n \delta_{ik}} (i, j = 1, 2, \dots, n),$$

式中, $\delta_{ij} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)$ 为因素 B_i 与 B_j 相对 A 的重要性标度值。将矩阵 Q 按行相加得向量

$$c = (c_1, c_2, \dots, c_n)^T, \text{ 其中 } c_i = \sum_{k=1}^n q_{ik} (i = 1, 2, \dots, n);$$

把 $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)^T$ 归一化处理, 即求得

$$\text{最大特征值所对应的特征向量: } w_j = \frac{c_j}{\sum_{k=1}^n c_k} (j = 1, 2, \dots, n),$$

最后计算出判断矩阵的最大特征值 λ_{\max} ,

$$\text{即: } \lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n \delta_{ij} w_j}{w_i}.$$

为了检验判断矩阵的一致性, 需计算一致性的指标 $C.I. = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$, 查表可得判断矩阵的平均一致性指标 $R.I.$ 。判断矩阵的一致性指标 $C.I.$ 与同阶平均随机一致性指标 $R.I.$ 之比称为一致性比率 $C.R.$, 当 $C.R. < 0.10$ 时, 即可认为判断矩阵通过一致性检验, 否则就需要重新调整判断矩阵, 并使其通过一致性检验。

总排序是自上而下的, 计算同一层次相对于总目标的重要性系数(权重)即为层次总排序, 方法是将单层重要性系数(权值)进行合成。假定上一层次 B 上 m 个元素 B_1, B_2, \dots, B_m , 其层次总排序值分别为 b_1, b_2, \dots, b_m , 下一层次 C 上 n 个元素 C_1, C_2, \dots, C_n , 它们所对应的 B_j 的层次单排序权值分别为 c_1, c_2, \dots, c_n 。则 C 层次相对于 B 层次的排序的重要性系数(权值)计算公式为

$$w_i = \sum b_j c_{ij} (j = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

其一致性检验公式为 $C.R. = \frac{\sum b_j C.I._j}{\sum b_j R.I._j} (j = 1, 2, \dots, m)$ 。

按照上述计算, 依次类推则可以推算出指标层的每个元素对目标层的重要性系数(权重)及其一致性检验比率。

1.2 水资源可持续利用程度的分级评价方法

层次分析法通过形成一个多层次的结构分析模

型, 将系统分析归结为指标层相对于目标层的相对重要性的权值确定或相对优劣次序的排序问题。为了进一步对水资源的可持续利用程度做出总体评价, 并考虑到计算方法的可操作性, 定义综合评价指数为:

$$E = \sum_{i=1}^m \beta_i \times e \quad \text{其中, } e = \sum_{j=1}^m \lambda_j M_{ij} \quad (2)$$

式中, E 为综合评价指数, 用以反映水资源可持续利用的总体等级水平, 指数值越大, 水资源可持续利用的程度越好; n 为选取的准则层的数量; m 为某准则层选取的具体指标数; β_i 为第 i 个准则层的权重; λ_j 为某准则层选取的第 j 个指标在该准则层所占的权重; M_{ij} 为第 i 个准则层中选取的第 j 个指标的定量化标准值^[8,9]。

2 四川省水资源可持续利用研究及其分析

2.1 指标选择及其评价标准

根据研究对象和研究目的, 综合前人研究成果, 经专家打分后, 拟定评价的目标层为水资源可持续利用状况; 针对目标层的研究要求及其相关性, 准则层为社会经济状况、生态环境状况、水资源状况和水资源利用程度; 根据研究区域——四川省社会发展状况和水资源利用的特性, 分别在每个准则层选择 4 个具有代表性的指标, 共 16 个指标构成指标层。利用上述研究方法, 构造判断矩阵(共 4 个判断矩阵, 限于篇幅未一一列出), 在判断矩阵通过一致性的条件下, 通过式(1)计算出其指标权重(表 1)。

经计算, 准则层的 $C.R. = 0.00056$, 小于 0.10, 通过一致性检验。参考已有的研究成果并按照专家咨询打分法和综合评价法, 将各指标的指数刻度值在 0~1 之间分为 6 个刻度^[10-12], 即: 1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0.0(见表 2)。当原始数据取值介于两个相邻刻度的标准值之间时, 采用线性插入法计算其评价价值。各评价指标原始数据参阅 2000~2006 年《四川省水土保持公报》、《四川省水资源公报》及《四川省统计年鉴》, 并换算出对应评价价值(表 3)。

2.2 评价结果

根据四川水资源现状, 参照指标定量化标准估算出其对应的取值, 再根据各指标的权重, 利用式(2)计算出四川省社会经济状况、生态环境状况、水资源状况和水资源利用程度的综合指数和水资源可持续利用综合指数(表 4)。

表 1 评价指标及其权重
Table 1 The evaluation indicators and their weights

准则层 Rule layer	指标层 P Indicator layer	权重 M_i Weight	C. I	R. I	C. R = C. I / R. I	是否通过 一致性检验 Consistency test	对目标层的 叠加权重 β_i Superposition weight β_i
社会经济状况 Social and economic status	P1 人均 GDP GDP per capita	0.333					
	P2 万元 GDP 用水量 Water requirement per 10 000 yuan GDP	0.167					
	P3 单位水粮食产量 Grain yield per unit area	0.167	0.001	0.8931	0.001	√	0.167
	P4 GDP 增长率 Growth rate of GDP	0.333					
生态环境状况 Eco-environment status	P5 人均污水排放量 Sewage discharge per capita	0.286					
	P6 森林覆盖率 Forest coverage rate	0.142	0	0.8931	0	√	0.167
	P7 水土流失率 Soil and water erosion rate	0.286					
	P8 化肥使用强度 Intensity of fertilizer application	0.286					
水资源状况 Water resources status	P9 人均水资源量 Water resources per capita	0.200					
	P10 产水模数 Modulus of water production	0.200	0	0.8931	0	√	0.333
	P11 主要河流水质 Water quality of major rivers	0.400					
	P12 人均地下水量 Groundwater per capita	0.200					
水资源 利用程度 Degree of water resources utilization	P13 地表水控制利用率 Controlled utilization rate of surface water	0.333					
	P14 水资源开发程度 Degree of water resources exploitation	0.333	0.001	0.8931	0.001	√	0.333
	P15 工业用水重复率 Repeatability of industrial water	0.167					
	P16 耗水率 Water consumption rate	0.167					

一般将水资源可持续利用程度的评价按照 0~1.0 分为 5 个评价等级^[8]。其中,0~0.3 为差,0.3~0.5 为较差,0.5~0.7 为一般,0.7~0.85 为较好,0.85~1.0 为很好。

根据评价结果,2000 年以来,四川水资源可持续利用程度一直处于一般水平;尽管在准则层中社会经济状况和水资源利用程度 7 年内波动性增长,其指数分别从 2000 年的 0.481 和 0.557 上升至 2006 年的 0.700 和 0.627,但根据其评价标准,其可持续程度仍分别居于较好水平的底层和一般水平,还有一定的开发潜力;值得堪忧的是其生态环境状况和水资源状况,近年来甚至有下降的趋势,2006 年的指数分别为 0.460 和 0.476,居于较差水平,这都严重制约四川水资源的可持续利用及其经济的发展。

2.3 评价结果分析

由表 4 可知,社会经济状况尽管在几个评价层中处于较高水平,但其中各个评价指标参差不齐。2000~2006 年 7 年间人均 GDP 由 0.2260 稳步提升至 0.4424,但始终没有超过 0.45;单位水粮食产量始终在 0.6 以下,这是其社会经济状况指数较低的主要原因(表 3)。万元 GDP 用水量下降幅度比较大,同时 7 年间 GDP 也能稳步保持较快增长,这是比较可喜的方面。

生态环境状况令人担忧。其中森林覆盖率 7 年间一直在 0.405 之下,水土流失率也一直徘徊于 0.35。人均污水排放量和化肥使用强度甚至在 7 年间有下降的趋势。四川省一直处于森林覆盖率较低、水土流失率较高、人均污水排放过高和化肥使用

过强的状况,这些都严重制约区域可持续发展。

水资源状况方面,尽管四川省产水模数、人均地下水水量和河流水质都处于较高水平,人均地下水水量和河流水质甚至都超过了0.60,但是由于四川人口压力一直较大,其人均拥有水资源仅为2 140 m³,根据评判标准,其取值仅为0.0856,水资源状况趋于严峻。

水资源利用程度中,水资源开发程度一直为1.000,即水资源开发率处于低水平。随着生产技术和管理的提高,工业用水重复率稳步提高,2006年达到了0.900,这表明水资源未出现过度开发的情况,水资源开发利用还有很好的前景。但由于地表水控制利用率增长缓慢、耗水率一直较高,这都制约水资源的持续利用。

表 2 评价指标量化标准

Table 2 The quantitative standard of the indicators

指标 Indicators	指标评价定量化标准 Quantitative standard of the indicators					
	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0
P ₁ 人均 GDP(10 ³ 元) GDP per capita(10 ³ Yuan)	≥100	60	20	8	4.5	≤1.5
P ₂ 万元 GDP 用水量(m ³) Water requirement per 10 000 yuan GDP	≤60	200	340	480	620	≥760
P ₃ 单位水粮食产量(kg/m ³) Grain yield per unit area	≥2.8	2.2	1.6	1.0	0.4	≤0.1
P ₄ GDP 增长率(%) Growth rate of GDP	≥12	9	4.5	3	1.5	≤0.5
P ₅ 人均污水排放量(t) Sewage discharge per capita	≤10	20	30	40	50	≥60
P ₆ 森林覆盖率(%) Forest coverage rate	≥60	50	40	30	20	0
P ₇ 水土流失率(%) Soil and water erosion rate	0	10	20	30	40	≥50
P ₈ 化肥使用强度(kg/hm ²) Intensity of fertilizer application	0	300	600	900	1200	≥1500
P ₉ 人均水资源量(10 ³ m ³) Water resources per capita	≥25	20	15	10	5	0
P ₁₀ 产水模数(10 ⁴ m ³ /hm ²) Modulus of water production	≥100	80	60	40	20	0
P ₁₁ 主要河流水质 Water quality of major rivers	I	II	III	IV	V	> V
P ₁₂ 人均地下水水量(10 ³ m ³) Groundwater per capita	≥1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
P ₁₃ 地表水控制利用率(%) Controlled utilization rate of surface water	≥50	40	30	20	10	0
P ₁₄ 水资源开发程度(%) Degree of water resources exploitation	≤10	20	30	40	55	≥70
P ₁₅ 工业用水重复率(%) Repeatability of industrial water	≥80	70	50	30	10	0
P ₁₆ 耗水率(%) Water consumption rate	≤20	30	40	50	60	≥80

表 3 四川省各指标实际值和对应取值

Table 3 The actual data and corresponding evaluation data of Sichuan

指标 Indicators	2000	λ_j	2001	λ_j	2002	λ_j	2003	λ_j	2004	λ_j	2005	λ_j	2006	λ_j
P ₁	4.956	0.2260	5.376	0.2500	5.890	0.2794	6.623	0.3213	7.895	0.3940	9.060	0.4177	10.546	0.4424
P ₂	503	0.3671	455	0.4357	411	0.4986	367	0.5614	307	0.6471	286	0.6771	246	0.7343
P ₃	1.35	0.5167	1.44	0.5467	1.34	0.5133	1.26	0.4867	1.48	0.5600	1.49	0.5633	1.53	0.5767
P ₄	8.50	0.7778	9.00	0.8000	10.30	0.8867	11.30	0.9533	12.70	1.0000	12.60	1.0000	13.30	1.0000
P ₅	34.94	0.5012	25.47	0.6906	25.74	0.6852	53.15	0.1370	33.4	0.5320	36.63	0.4674	38.57	0.4286
P ₆	26.88	0.3376	27.26	0.3452	27.94	0.3588	28.98	0.3796	30.27	0.4054	30.27	0.4054	28.98	0.3796
P ₇	40.38	0.1924	34.12	0.3176	33.52	0.3296	33.25	0.3350	32.38	0.3524	32.38	0.3524	31.50	0.3700
P ₈	489	0.6740	495	0.6700	516	0.6560	534	0.6440	550	0.6333	566	0.6227	583	0.6113
P ₉	3.16	0.1264	3.02	0.1208	2.44	0.0976	3.13	0.1252	2.85	0.1140	3.39	0.1356	2.14	0.0856
P ₁₀	54.68	0.5468	52.54	0.5254	42.57	0.4257	54.78	0.5478	50.27	0.5027	60.35	0.6035	38.53	0.3853
P ₁₁	II	0.6100	II	0.6400	II	0.6200	II	0.6300	II	0.6900	II	0.7000	II	0.6500
P ₁₂	0.73	0.7300	0.78	0.7800	0.64	0.6400	0.71	0.7100	0.68	0.6800	0.68	0.6828	0.61	0.6100
P ₁₃	7.40	0.1480	7.67	0.1534	9.49	0.1898	7.37	0.1474	8.02	0.1604	6.54	0.1308	10.50	0.2100
P ₁₄	1.50	1.0000	1.57	1.0000	4.52	1.0000	4.39	1.0000	4.82	1.0000	4.28	1.0000	6.36	1.0000
P ₁₅	55.50	0.6550	58.60	0.6860	61.20	0.7120	65.10	0.7510	68.20	0.7820	72.50	0.8500	75.00	0.9000
P ₁₆	50.20	0.3960	49.70	0.4060	49.60	0.4080	49.80	0.4040	50.00	0.4000	50	0.4000	48	0.4400

表4 四川省水资源可持续利用综合评价结果

Table 4 The result of comprehensive evaluation of sustainable water resources utilization in Sichuan

评价准则 Evaluation standard	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006	
	e	E	e	E	e	E	e	E	e	E	e	E	e	E
社会经济状况 Social and economic status	0.481		0.514		0.558		0.600		0.666		0.680		0.700	
生态环境状况 Eco-environment status	0.439		0.528		0.529		0.373		0.492		0.471		0.460	
水资源状况 Water resources status	0.524	0.514	0.541	0.543	0.481	0.536	0.529	0.530	0.535	0.566	0.564	0.575	0.476	0.561
水资源利用程度 Degree of water resources utilization	0.557		0.566		0.584		0.575		0.584		0.585		0.627	

3 四川省水资源可持续利用措施及建议

3.1 强化水资源规划和管理,合理开发水资源

近几年,四川省万元 GDP 用水量逐步降低、单位水粮食产量稳步提高,但生产用水、农业用水总量持续增加,人均水资源量减少。四川省地表水控制利用率仅为 10.5%,工程调水能力差。同时省内各类小水电站的兴建,水资源已出现被“榨干”的现象,岷江上游的干旱河谷已出现部分河道断流。因此,必须加强区域水资源科学管理,制定水资源利用规划,确定水资源的宏观控制指标和微观的定额指标^[13]。如何科学建造大型骨干调蓄水库工程,合理调节中、上游的水电资源开发,保证中、下游水资源可持续利用,进一步提高工程蓄水和减灾能力已成为四川亟待解决的问题。

3.2 确定水资源生态承载力,保护生态环境

四川省是全国水土流失的重灾区,水土流失率为全国第四,水土流失率曾高达 40.38%(2000 年)。为此需确定水资源承载能力和生态环境需水量,确切估算各区域、各流域水资源承载能力;预留生态环境用水,保证生态环境不受破坏的条件下对水的最低需求;进一步实施退耕还林政策,利用天然植被恢复生态环境,提高森林覆盖率,遏制水土流失;加强对开发建设项目的环评影响评价和水土保持监测监督工作,并采取有效的工程、植被措施,减少水土流失和实现生态修复。

3.3 调整产业结构及布局,提高水资源利用效率

2006 年四川省全年生产耗水率(工农业生产耗水量占总耗水量的比率)高达 84.9%,其中农业耗水率为 75.6%,农作物水资源利用系数为 0.2~0.3。对此,应依据区域水资源分布及配置能力调整产业

结构及其布局,大力推广工农业节水增产技术,建立起节水型工农业生产体系,严格控制耗水量大的项目,降低耗水率,提高水资源的利用效率和经济效益;同时大力开展雨水集流工程,把无效径流水转化为可利用的资源^[14]。

3.4 严格保护水源水质,防止水质性缺水

2006 年四川省污水排放总量为 33.04 亿 t,主要河流水质 V 类以上的占 12.1%,对区域内的水资源管理是一个严峻的挑战。对此,应对区域内的河流实施实时监控,将传统的污染末端治理转变为源头防治,加强对水污染源的控制,减少污水的排放;加快城市污水处理设施建设,实施达标排放许可证制度;大力倡导推广使用有机肥、氮磷钾复合肥,改进施肥技术,实施科学配方,发展生态农业,控制农药和化肥的面源污染,防止水质性缺水。

4 结论与讨论

对水资源系统可持续程度的评价过程中不仅涉及多个指标,还涉及到指标定量与定性的关系。AHP 法作为系统评价工具,利用矩阵原理有效地解决了这些问题,但指标体系的建立、权重的量化都比较困难,况且我国不同区域(流域)的实情千差万别。在现有条件下,如何构建一个统一的指标体系能最大限度适用于所有的区域或流域,是水资源可持续利用评价中的一个重点和难点。

本文根据四川省具体情况,在可获取数据的基础上,采用专家咨询法、AHP 法和综合评价指数法相结合,通过定义一个能较全面反映各指标取值大小及权重大小的综合评价指数,对其水资源可持续利用程度进行宏观综合评价。因此,该评价指标体系、指标的权重值和标准值对于评价目标层有较强的针对性、实用性和科学性,能够比较客观地反映出研究区的具体情况及其存在的问题,且计算结果与

实际情况基本一致。所以,在进行水资源可持续利用的综合评价过程中,AHP法是一种简单而又行之有效的工具。

参 考 文 献:

- [1] 陈可馨.世界淡水水资源持续利用探讨[J].天津师范大学学报(自然科学版),1999,19(4):54—58.
- [2] 施宏伟,贾真辉.基于可持续发展理念的陕西水资源评价方法研究[J].地下水,2006,28(6):1—5.
- [3] 王先甲,肖文.水资源持续利用的特性与原理[J].长江流域资源与环境,2000,9(4):458—465.
- [4] 冯尚友,刘国全.水资源持续利用的框架[J].水科学进展,1997,8(4):301—307.
- [5] 雷刚旭.西部大开发中的四川水资源问题[J].四川水利,2002,3:2—6.
- [6] 孙凡,袁红叶,李天云,等.重庆雪宝山自然保护区AHP生态评价[J].西南农业大学学报(自然科学版),2006,28(4):69—72.
- [7] 叶义成,柯丽华,黄德育,等.系统综合评价技术及其应用[M].北京:冶金工业出版社,2006:33—37,76—96.
- [8] 黄初龙,章光新,杨建锋.中国水资源可持续利用评价指标体系研究进展[J].资源科学,2006,28(2):33—39.
- [9] 刘恒,耿雷华,陈晓燕.区域水资源可持续利用评价指标体系的建立[J].水科学进展,2003,14(3):265—269.
- [10] 何士华,程乖梅.水资源可持续利用分层分级评价研究[J].昆明理工大学学报(理工版),2006,31(3):33—36.
- [11] 梁涛,蔡春霞,刘民,等.城市土地的生态适宜性评价方法——以江西萍乡市为例[J].地理研究,2007,26(3):782—788.
- [12] 佟长福,郭克贞,丁邵宇,等.基于层次分析法的牧区节水灌溉示范工程生态效益评价[J].干旱地区农业研究,2008,26(2):139—143.
- [13] 姚良卿,孙祥贵.广德县水资源持续利用存在的问题与解决途径[J].亚热带水土保持,2006,18(3):87—88.
- [14] 雷波,姜文来.北方旱作区节水农业综合效益评价研究——以山西寿阳为例[J].干旱地区农业研究,2008,26(2):134—138.

Study on the AHP comprehensive evaluation of sustainable water resources utilization of Sichuan Province

ZHANG Zhen¹, WANG Long-chang¹, YANG Song¹, SUN Fan², MEI Xiao-xiao¹, DANG Jia-jun¹

(1. College of Agronomy and Bio-technology, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region (Ministry of Education),
College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: Sustainable utilization of water resources can be considered as a decisive issue of multi-hierarchy and multi-index. In order to scientifically judge the sustainable degree of the utilization of water resources in Sichuan Province, based on the theory of sustainable development, and integrated with the primary characteristics of the region investigated, this essay chooses the socio-economic, ecological, and water resources status, as well as the degree of the water resources utilization to evaluate the level of sustainable water resources utilization. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is applied to determine the relative weight of each indicator, and the investigated region's relevant data is adopted to calculate the quantitative values of them. Finally, a comprehensive evaluation index is defined to quantitatively evaluate the sustainable degree of water resources utilization of the investigated region. According to the data from 2000 ~ 2006, the four aspects we chose is calculated, which remain in a relatively and commonly level of sustainable utilization. The comprehensive evaluation of sustainable water resources utilization of Sichuan province is remains in a commonly level. So series of measures should be taken to raise the degree of sustainable water resources utilization.

Key words: water resources; sustainable utilization; Analytic Hierarchy Process(AHP); Sichuan Province