

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.02.001

长江上游生态屏障建设(林业)评价指标体系研究

唐沛¹,杨志刚²,陈俊华³,黎燕琼³,骆宗诗³,高飞⁴,慕长龙^{3*}

(1.四川省工程咨询研究院,四川成都 610031;2.高坪区林业局,四川南充 63700;

3.四川省林业科学研究院,四川成都 610081;4.四川省林业调查规划院,四川成都 610081)

摘要:针对目前国内没有系统评价生态屏障建设成果的评价指标,本文在总结前人研究的基础上,通过查阅大量参考文献,采用特尔菲法筛选指标,层次分析法确定权重,经过3轮最终筛选出包括森林生态系统、湿地生态系统、荒漠化生态系统、城镇人居生态系统、保障支撑系统5大系统共计25个指标的长江上游生态屏障建设(林业)评价指标体系和评价模型,为四川乃至长江上游地区下一步完成“全面建成长江上游生态屏障”的目标提供理论依据。

关键词:长江上游;生态屏障;评价指标体系;特尔菲法;层次分析法;权重

中图分类号:S718.55 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2017)03-0001-05

Research on Ecological Barrier (Afforestation) Evaluation Index System of the Upper Yangtze River

TANG Pei¹ YANG Zhi-gang² CHEN Jun-hua³ LI Yan-qiong³

LUO Zong-shi³ Gao Fei⁴ MU Chang-long^{3*}

(1. Sichuan Academy of Engineering Consultation, Chengdu 610031; 2. Gaoping Forestry Bureau of Nanchong, Nanchong 637000;

3. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081; 4. Sichuan Forest Inventory and Plan Institute, Chengdu 610081)

Abstract: In this paper, in view of the situation of lack of domestic ecological barrier afforestation achievement evaluation index system, on the basis of summarizing the predecessors' research, by looking up a large number of references, and by using Delphi method to screen indexes and the analytic hierarchy process (ahp) to determine weights, five big systems were finally screened such as forest ecosystem, wetland ecosystem, desertification ecosystem, urban ecological system and security support system, including 25 indicators of the upper Yangtze River ecological barrier (afforestation) evaluation index system and evaluation model, thus for Sichuan and even the Yangtze River upstream areas a theoretical basis was provided for the implementation of completing the upper Yangtze river ecological barrier.

Key words: the Upper Yangtze River, Ecological barrier, Evaluation index system, Delphi method, Analytic hierarchy process, Weights

“生态屏障”一词源自于我国社会生产实践,最早是人们的一般性描述用语^[1]。近十几年来,全国各地也结合当地情况,提出了区域性生态屏障建设

构想,如四川、云南、贵州分别提出的建设长江上游生态屏障战略构想,甘肃提出了构筑黄河上游生态屏障的战略构想等^[1]。但迄今为止,就生态屏障的

收稿日期:2017-03-14

基金项目:国家科技支撑计划“川中丘陵区防护林构建与综合管理技术研究与示范”(2015BAD07B0402)。

作者简介:唐沛(1971-),男,四川南充人,学士,工程师,主要从事农林水利工程咨询研究。

*通讯作者:慕长龙(1964-),男,重庆江津人,博士,研究员,博士生导师,主要从事森林生态、森林培育和城市森林研究工作。

科学内涵和意义而论,学术界尚无统一的认识^[2]。对于生态屏障的建设,国外著作很少涉及,而国内学者则针对不同区域提出了不同的看法^[2-7]。自1998年长江特大洪灾以来,四川进行了大规模的生态屏障建设工作,取得相当大的成就。但如何评价生态屏障建设成果,有关生态屏障建设评价指标体系研究的相关参考文献极少。周立江在对长江上游生态屏障建设的基本构架的基础上,提出了包括水土与水源涵养能力、生物多样性保护、森林生态系统健康与活力的维持等6个方面的长江上游生态屏障建设的指标体系^[8]。本文在总结前辈研究的基础上,通过查阅大量参考文献,采用Delphi法筛选出长江上游生态屏障建设(林业)评价指标体系及评价模型,为四川乃至长江上游地区下一步完成“全成长江上游生态屏障”的目标提供理论依据。

1 评价指标体系的筛选和建立

1.1 指标体系筛选方法

本研究采用特尔菲法来进行评价指标的筛选。特尔菲法(Delphi—Model)是一种利用专家意见的未来学研究方法,以函询征求所选定的一组专家的意见,然后加以整理、归纳、综合,再将结果匿名返回给各个专家,再次征求专家意见,如此循环往复,经过多轮反馈以避免心理干扰,最后对专家意见进行科学处理,以实现对其问题的科学预测,具有专家咨询的隐形性、信息沟通的反馈性、预测结果的统计性等特征。其主要步骤是^[9]:

(1)成立协调小组。协调小组由4人组成,其

中具有正高级职称1人,副高级职称3人。主要任务是:拟定研究主题、确定专家咨询组人员、编制专家咨询表、组织咨询并对数据进行统计处理。

(2)选择专家。

选择森林经营、生态学、林学、园林学、森林培育、森林资源监测等专业,具有丰富实践和管理经验的专家。从本项目的规模和操作程序考虑,本课题最终选择了18名专家作为评价专家。

(3)制作专家评分表。通过查阅大量文献,并广泛征求相关部门的工作人员和专家的意见,结合四川省实际情况,根据评价指标建立的基本原则,采用头脑风暴法初步拟定5个层次62个指标。其中森林生态系统29个指标(结构性指标13个,功能性指标11个,经济指标5个);湿地生态系统12个指标;荒漠化生态系统9个指标;城镇人居生态系统7个指标;保障支撑系统5个指标。课题组人员制作专家评分表,在专家评分表中还确定了影响长江上游生态屏障建设评价指标的评价因素,包括评价等级、判断依据和熟悉程度,量化表如表1所示。

(4)回收专家评分结果并进行统计处理和分析,计算出各安全指标权数等的统计分析结果。

(5)根据第1轮专家评估的结果,决定是否进行第2次专家评估。可以将第1轮专家评分计算结果及补充资料返还给各位专家,让所有专家在新的基础上对指标重新进行评价,确定新的权数。

(6)分析第2次专家咨询结果,进一步筛选长江上游生态屏障建设评价指标。

(7)统计分析专家评分的主要因子

表1 评价等级、专家熟悉程度、判断依据及其影响程度量化表

评价等级	量化值	熟悉程度	量化值	判断依据	对专家判断的影响程度		
					大	中	小
非常重要	5	熟悉	0.9	理论分析	0.3	0.2	0.1
比较重要	4	比较熟悉	0.7	实践经验	0.5	0.4	0.3
一般重要	3	一般熟悉	0.5	国内外同行的了解	0.1	0.1	0.1
不太重要	2	不熟悉	0.3	直觉	0.1	0.1	0.1
不重要	1	很不熟悉	0.1				

①专家权威程度 C_R

专家权威与否对评价的可靠性影响较大。因而在对评价结果进行处理时,要考虑专家在该领域的权威程度。 C_R 一般由2个因素决定:一是专家做出判断的依据 C_a ;另一个是专家对问题的熟悉程度 C_s 。 C_R 越大,表明专家权威程度越高。计算公式为:

$$C_R = \frac{C_a + C_s}{2} \quad (1)$$

②加权算术平均值 C_i

加权平均值越大,相对重要性越高。加权平均值体现了专家评分的集中程度。计算公式为:

$$\bar{C}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m C_R C_{ij} \quad (2)$$

式中: \bar{C}_i 为 i 的加权平均值; C_{ij} 为专家 j 对 i 的评分值; m 为专家人数。

③ 满分频率 k'_i

满分频率 k'_i 是对要素 i 给出满分的专家数 m'_i 与对要素 i 作出评价的专家总数 m_i 之比, 要素 i 满分频率越大, 说明对该要素给满分的专家人数越多, 因而其重要性越大。

计算公式为:

$$k'_i = \frac{m'_i}{m_i} \quad (3)$$

式中, 为 k'_i 要素 i 的满分频率; m'_i 为对要素 i 给出满分的专家数; m_i 为参与对要素评分的专家数。

④ 变异系数 V_i

变异系数是代表评价波动大小的重要指标。 V_i 表明专家们对要素 i 相对重要性认识上的差异程度, 也就是协调程度。 V_i 越小, 专家们的协调程度越高。计算公式为:

$$V_i = \frac{S_i}{\bar{C}_i} \quad (4)$$

式中, S_i 为安全评价指标得分的标准差, 即:

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{m_i - 1} \sum_{j=1}^{m_i} (C_{ij} - \bar{C}_i)^2} \quad (5)$$

⑤ 等级和 S_j

$$S_j = \sum_{i=1}^{m_i} R_{ij} \quad (6)$$

反映专家对每个指标排序的次序总和, 等级和越小, 表明这个指标越重要。

⑥ 专家意见协调系数 W

专家协调系数 W 在 $0 \sim 1$ 之间。 W 越大, 表示所有专家对全部方案协调程度越好; W 越小, 表示专家意见协调程度越低。计算公式为:

$$W = \frac{12}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^n T_i} \sum_{j=1}^n d_j^2 \quad (7)$$

协调系数显著性检验

$$X^i = \frac{1}{mn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m T_i} \sum_{j=1}^n d_j^2 \quad (8)$$

⑦ 专家积极系数 K

专家积极系数 K 是专家对某安全评价指标的关心程度。其计算方法为参与对指标 i 评分的专家 m'_i 与全部参加评分专家的人数 m 之比。计算公式为:

$$K = \frac{m'_i}{m} \quad (9)$$

1.2 评价指标筛选结果

(1) 专家的基本情况

最终参与指标筛选的专家共有 18 名, 专业主要有林学、生态学、森林经营学、森林资源监测、森林培育、林业资源管理等, 大多具有副高级以上职称, 且在相关领域工作多年(图 1)。

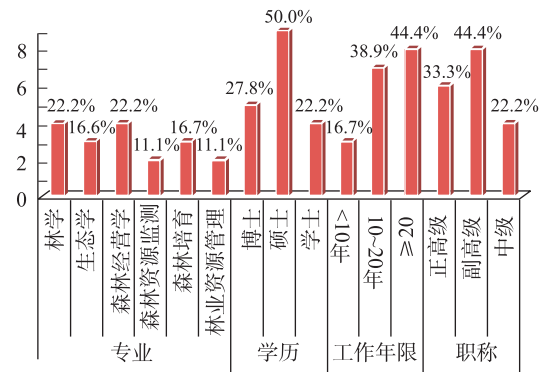


图 1 咨询专家基本情况

(2) 专家的积极程度

长江上游生态屏障建设评价指标体系 3 轮咨询的问卷回收率均为 100%, 即专家的积极系数均为 100% 其中第 1 轮约有 50% 的专家针对指标体系设计提出了建设性意见, 第 2 轮约有 30%, 第 3 轮无。

(3) 专家权威程度

一般认为专家权威程度大于 0.7 即可接受。在本研究中, 第 1 轮、第 2 轮和第 3 轮的咨询专家权威系数平均值结果分别为 0.79、0.81、0.83, 均高于 0.7(表 2)。

表 2 3 轮专家的权威程度

轮数	判断依据	熟悉程度	权威程度	协调系数
第 1 轮	0.85	0.72	0.79	0.449
第 2 轮	0.78	0.83	0.81	0.563
第 3 轮	0.82	0.84	0.83	0.711

(4) 专家意见的集中程度

以各指标的算术平均数和变化系数来表示专家意见的集中程度。第 3 轮咨询结束后, 25 个指标重要性平均得分在 2.60 ~ 3.16 之间, 变异系数小于 0.50, 说明专家意见已比较集中。

(5) 专家意见的协调程度

第 1 轮咨询结果校正后的协调系数为 0.449, 经过卡方检验 $P < 0.05$, 说明专家意见基本一致; 第 2 轮咨询结束后, 校正协调系数为 0.563, 经过卡方检验 $P < 0.05$, 说明专家意见大体一致; 第 3 轮咨询结束后, 校正协调系数为 0.711, 经过卡方检验

$P=0.00$,可以认为专家对所有指标的整体评价意见比较一致,评价的结果可取。经过3轮咨询后,专家意见趋向一致,协调系数具有统计学意义,咨询结果已经基本达到要求,可不必进行下一轮咨询。

(6) 指标筛选结果

经过3轮专家咨询,共计筛选出25个指标。其中森林生态系统16个指标(结构性指标6个,功能性指标8个,经济指标两个);湿地生态系统两个指标;荒漠化生态系统3个指标;城镇人居生态系统两个指标;保障支撑系统两个指标(如表3)。

表3 长江上游生态屏障指标第3轮咨询结果

序号	系统类型	指标类型	指标名称	Ci 平均	Si 标准差	变异系数	满分频率	评价等级和
1	森林生态系统	结构性指标	森林覆盖率(%)	3.13	0.3536	0.1131	1	8
2			林木绿化率(%)	3.16	0.5165	0.1636	1	8
3			林地利用率(%)	2.95	0.9813	0.3326	0.88	10
4			人工混交林占比(%)	2.61	0.5768	0.2208	0.38	13
5			$\geq 15^\circ$ 坡地森林覆盖率(%)	2.2	0.9071	0.4123	0.25	14
6			保护地占国土面积比(%)	2.79	0.5987	0.2148	0.63	11
7		功能性指标	森林固土量(万 $t \cdot a^{-1}$)	3	0.5345	0.1782	1	8
8			森林涵养水源量(亿 $m^3 \cdot a^{-1}$)	3	0.5345	0.1782	1	8
9			生物多样性指数	2.48	0.5042	0.3309	0.68	9
10			固碳量(万t)	2.64	0.5043	0.2741	0.82	10
11		经济指标	生态服务价值(亿元 $\cdot a^{-1}$)	3.16	0.4892	0.1823	1	9
12			森林蓄积量(亿 m^3)	2.68	0.6047	0.2683	1	10
13			天然林单位面积蓄积量($m^3 \cdot hm^{-2}$)	2.6	0.6047	0.252	0.68	12
14			人工林单位面积蓄积量($m^3 \cdot hm^{-2}$)	2.76	0.6457	0.3664	0.66	11
15	林业产业总产值(亿元 $\cdot a^{-1}$)		2.74	0.4904	0.1792	0.88	9	
16	湿地生态系统	农民人均林业收入(元 $\cdot a^{-1}$)	2.59	0.5144	0.1983	0.63	11	
17		可恢复湿地面积占比(%)	2.66	0.7468	0.2805	0.88	13	
18		湿地生态服务价值(亿元 $\cdot a^{-1}$)	2.6	0.685	0.2635	0.88	9	
19	荒漠化生态系统	沙化土地可治理面积占比(%)	2.42	1.0365	0.4285	0.88	10	
20		石漠化土地可治理面积占比(%)	2.42	1.0365	0.4285	0.88	10	
21		干热干旱河谷可恢复面积占比(%)	2.41	0.9172	0.3802	0.75	11	
22	城镇人居生态系统	建成区绿化覆盖率(%)	2.65	0.8036	0.3032	0.75	10	
23		人均公园绿地面积(m^2)	2.5	0.8992	0.3597	0.63	12	
24	保障支撑系统	林业公共财政投入占财政支出比(%)	0.9975	0.4279	0.75	10	0.9975	
25		林业科技成果转化率(%)	0.8084	0.4516	0.62	14	0.8084	

2 评价指标权重的确定

关于评价因子的权重计算方法很多,如特尔菲法^[9]、主成份法^[10]、层次分析法(AHP)^[10]等。本研究采用特尔菲法来确定各指标的权重,采用层次分析法来确定各系统及子系统的权重。其方法和步骤分别参考文献9和10。

2.1 长江上游生态屏障建设评价指标权重的确定

长江上游生态屏障建设涉及到森林生态系统、湿地生态系统、荒漠化生态系统、城镇人居生态系统、保障支撑系统5个子系统的多项评价指标。而各评价指标的权重应该是评价指标的客观信息与评价者主观判断的综合反映。本研究综合利用层次分析法、特尔菲法两种赋权方法确定各系统和指标的权重。

(1) 评价子系统的权重

本研究运用层次分析法确定子系统的权重。通

过咨询专家,对森林生态系统、湿地生态系统、荒漠化生态系统、城市生态系统、保障支撑系统5个子系统的重要性进行排序,构造判断矩阵经检验, $R_c=0.0529 < 0.1$,判断矩阵具有完全一致性(表4)。

表4 各子系统的权重

评价系统	权重
森林生态系统	0.5166
湿地生态系统	0.2489
荒漠化生态系统	0.1299
城镇人居生态系统	0.0679
保障支撑系统	0.0368
$\lambda_{\max}=5.2372, I_c=0.0593, R_c=0.0529, I_R=1.12$	

(2) 各系统评价指标的权重

① 森林生态系统

采用层次分析法确定森林生态系统各分系统的权重,用特尔菲法确定各分系统评价指标的权重(表5)。

表 5 森林生态系统各指标权重

子系统名称	指标名称	权重
结构指标(0.5396)	森林覆盖率(%)	0.2621
	林木绿化率(%)	0.2524
	林地利用率(%)	0.1456
	人工混交林占比(%)	0.1262
	≥15°坡地森林覆盖率(%)	0.0583
功能指标(0.2970)	保护地占国土面积比(%)	0.1553
	森林固土量(万吨/年)	0.1895
	森林涵养水源量(万吨/年)	0.1895
	生物多样性指数	0.0458
	森林固碳量(万 t·a ⁻¹)	0.1503
	生态服务价值(亿元·a ⁻¹)	0.1176
	森林蓄积量(亿 m ³ ·a ⁻¹)	0.1176
	天然林单位面积蓄积量(m ³ ·hm ⁻²)	0.0915
人工林单位面积蓄积量(m ³ ·hm ⁻²)	0.0980	
经济指标(0.1634)	林业产业总产值(亿元·a ⁻¹)	0.6667
	农民人均林业收入(元·a ⁻¹)	0.3333
$\lambda_{\max} = 3.0092, I_c = 0.0046, R_c = 0.0079, I_R = 0.58$		

②湿地生态系统

采用特尔菲法确定湿地生态系统各指标的权重,如表 6 所示。

表 6 湿地生态系统指标权重

指标名称	权重
可恢复湿地面积占比(%)	0.4286
湿地生态服务价值(亿元·a ⁻¹)	0.5714

③荒漠化生态系统

采用特尔菲法确定荒漠化生态系统各指标的权重,如表 7 所示荒漠化生态系统指标权重

指标名称	权重
沙化土地可治理面积占比(%)	0.3478
石漠化土地可治理面积占比(%)	0.3478
干热干旱河谷可恢复面积占比(%)	0.3043

④城镇人居生态系统

采用特尔菲法确定城市生态系统各指标的权重,如表 8 所示。

表 8 城市生态系统指标权重

指标名称	权重
建成区绿化覆盖率(%)	0.6667
人均公园绿地面积(m ²)	0.3333

⑤保障支撑系统

采用特尔菲法确定保障支撑系统各指标的权重,如表 9 所示。

表 9 保障支撑系统指标权重

指标名称	权重
林业公共财政投入占财政支出比(%)	0.6000
林业科技成果转化率(%)	0.4000

3 结语

长江上游地区是我国自然资源最富集的地区,资源种类多、蕴藏量大,现实和潜在优势都很突出,既是区域内经济发展的物质基础,又是国家经济实力的后劲所在。同时,长江上游地区又是我国一个重要的生态屏障,对中下游的发展和全国的生态安全都至关重要^[11]。由于该地区生态环境十分脆弱,是本区和整个长江流域乃至全国实现可持续发展的最主要的制约因素。因此,加快建设长江上游生态屏障已成为政府和社会各界的一致看法,长江上游地区的地方政府也纷纷将建设生态屏障作为其实施可持续发展的重大战略目标之一,并积极实践^[3]。四川省自 1998 年以来就着力开展长江上游生态屏障建设,营造了大量的生态林,取得了显著成效。但如何评价这些建设成效,与“全面建成长江上游生态屏障”的目的还存在多大距离,目前尚没有一套系统的评价指标体系来进行评价。本文提出的 5 大系统 25 个指标能够较好地评价四川建设长江上游生态屏障的成效,其评价结果可为林业主管部门和政府提供科学的决策依据,为新一轮绿化全川提供理论指导。

参考文献:

- [1] 王玉宽,孙雪峰,邓玉林,等.对生态屏障概念内涵与价值的认识[J].山地学报,2005,23(4):431~436.
- [2] 潘开文,吴宁,潘开忠,等.关于建设长江上游生态屏障的若干问题的讨论[J].生态学报,2004,24(3):6171~629.
- [3] 杨冬生.论建设长江上游生态屏障[J].四川林业科技,2002,23(1):11~6.
- [4] 陈国阶.对建设长江上游生态屏障的探讨[J].山地学报,2002,20(5):5361~541.
- [5] 邓玲.论长江上游生态屏障及其建设体系[J].经济学家,2002,(6):801~84.
- [6] 马林,盖玉妍.内蒙古生态屏障工程建设构想[J].中国人口·资源与环境,2004,14(5):771~80.
- [7] 刘兴良,杨冬生,刘世荣,等.长江上游绿色生态屏障建设的基本途径及其生态对策[J].四川林业科技,2005,26(1):11~8.
- [8] 周立江.长江上游生态屏障建设的基本构架和指标体系[J].四川林勘设计,2001年第4期:11~8.
- [9] 赵桂红,田纱纱.基于德尔菲法的机场停机坪安全指标筛选研究[J].中国民航大学学报,2008,26(6):611~64.
- [10] 胥平,慕乘,龚固堂,等.川中丘陵区人工柏木林健康评价[J].四川林业科技,2016,37(2):41~11.
- [11] 冉瑞平,王锡桐.建设长江上游生态屏障的对策思考[J].林业经济问题,2005,25(3):137~141.