

内蒙古大青山主要植被类型综合生态效益的评价

代海燕¹, 张秋良², 张翠霞³, 李兴华¹, 那 顺¹, 娜日苏¹

(1 内蒙古气象局 生态与农业气象中心, 内蒙古 呼和浩特 010054; 2 内蒙古农业大学 林学院, 内蒙古 呼和浩特 010019;
3 内蒙古大青山自然保护区管理局, 内蒙古 呼和浩特 010010)

【摘 要】 【目的】对内蒙古大青山主要植被类型综合生态效益进行评价。【方法】应用层次分析法(AHP)建立内蒙古大青山主要植被类型综合生态效益的评价指标体系和评价模型,对 3 种森林类型(油松林、白桦林、落叶松林)的 20 个指标进行测定,对各指标进行无量纲化处理后计算各自的权重,然后计算大青山油松林、落叶松林、白桦林 3 种森林类型的综合生态效益指数。【结果】3 种森林类型 6 种评价指标的生态效益排序中,就生态系统结构与功能而言,白桦林>落叶松林>油松林;就涵养水源而言,落叶松林>白桦林>油松林;就改良小气候、水土保持和改良土壤而言,白桦林>落叶松林>油松林;就固碳放氧而言,落叶松林>油松林>白桦林。【结论】内蒙古大青山 3 种森林类型综合生态效益大小依次为:白桦林(1.067)>落叶松林(1.036)>油松林(0.742)。

【关键词】 大青山;生态效益;指标体系;层次分析法

【中图分类号】 S718.56

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2011)05-0098-05

Evaluation of the ecological benefits of main forest type in Inner Mongolian Daqing mountain

DAI Hai-yan¹, ZHANG Qiu-liang², ZHANG Cui-xia³,
LI Xing-hua¹, NA Shun¹, NA Ri-su¹

(1 Inner Mongolia Ecology and Agricultural Meteorology Centre, Huhhot, Inner Mongolian 010054, China;

2 College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolian 010019, China;

3 Daqing Mountain Natural Reserve Administrative Bureau, Inner Mongolia, Huhhot, Inner Mongolian 010010, China)

Abstract: 【Objective】Based on the present condition in Daqing Mountain, the integrated ecological benefits of Daqing Mountain were evaluated through single-factor research. 【Method】Using the Analytic Hierarch process(AHP) the ecological benefit index system and evaluation model were established to evaluate ecological benefits of ecological forest of *Pinus tabulaeformis*, *Btula platyphlla*, *Larix prince rupprecht*. 【Result】The six index ecological benefits sequence was: ecosystem structure and function(*Btula platyphlla* > *Larix prince rupprecht* > *Pinus tabulaeformis*); Water conservation (*Larix prince rupprecht* > *Btula platyphlla* > *Pinus tabulaeformis*); improved micro-climate, water and soil conservation and forest soil(*Larix prince rupprecht* > *Btula platyphlla* > *Pinus tabulaeformis*); solid carbon discharge oxygen(*Larix prince rupprecht* > *Pinus tabulaeformis* > *Btula platyphlla*). 【Conclusion】The result indicated that the comprehensive ecological benefit index of ecological forest was *Btula platyphlla* (1.067) > *Larix prince rupprecht* (1.036) > *Pinus tabulaeformis* (0.742)

Key words: Daqing mountain; ecological benefit; index system; the analytic hierarch process

* [收稿日期] 2010-11-04

[基金项目] 林业公益性行业科研专项(200804027-03,04)

[作者简介] 代海燕(1978—),男,蒙古族,辽宁阜新人,博士,主要从事生态及应用气象研究。E-mail: daihaiyan2003@sina.com

[通信作者] 张秋良(1960—),男,内蒙古呼和浩特托县人,教授,博士,博士生导师,主要从事森林经理研究。

近几年,国内许多学者对森林生态效益的内涵和定义进行了探讨,但到目前为止,仍然没有统一的定论,也未看到确切的概念,对于森林生态效益如何评价,还没有一个公认的标准体系。因此,如何确定森林资源的公益效能就显得十分迫切。开展森林生态效益评价研究不仅可改变人们对森林生态功能的认识,使人们重视森林生态功能,而且对资源合理配置,实现林业补偿有着重要的意义。国内外关于森林生态效益评价的研究开展较早,经历了由定性到定量、由单项效益评价到生态综合效益评价的逐步深入过程,但由于森林生态效益评价的复杂性,各项计量指标在不同空间尺度和时间尺度有各自的变化特征,迄今为止仍没有系统规范的指标体系和精确实用的指标定量计算模型^[1-2]。到目前为止,国内对森林生态效益及其指标体系的建立进行了部分定量探索^[3-5],但尚不够系统,其中对生态系统功能价值的估算还没有形成完整的评估理论和方法体系。

内蒙古大青山森林植被属于呼和浩特市城市森林的主体,近几年植被恢复工程实施后,该地区森林植被得到了明显恢复,但对于森林植被的恢复程度及封山育林工程实施后的综合生态效益评价还鲜见报道。为此,本研究采用层次分析法(AHP)^[6-7],通过生态效益的 6 个子效益指标和其下的 20 个具体指标对大青山不同森林类型的综合生态效益进行了评价与分析,以期为大青山封山育林工程规划、经营提供理论依据。

1 研究区概况

大青山位于内蒙古呼和浩特市和包头市一线北侧,属阴山山脉中段,其地理位置为 $110^{\circ}45'52''\sim 111^{\circ}32'12''\text{E}$, $40^{\circ}37'41''\sim 40^{\circ}57'30''\text{N}$ 。研究区地处温带半干旱区,属大陆性气候,海拔 $1\,050\sim 2\,374\text{ m}$,年降水量 400 mm ,年蒸发量 $1\,800\text{ mm}$,年均气温 $5.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,年日照时数 $2\,976.5\text{ h}$, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 年积温 $2\,800\text{ }^{\circ}\text{C}$,无霜期 $90\sim 180\text{ d}$ 。研究区土壤为淋溶灰褐土、粗骨土、灰褐土和草灌灰褐土。该区南坡植被稀少,北坡森林植被分布较多;上坡位以白桦(*Betula platyphylla*)、山杨(*Populus davidiana*)组成的天然次生混交林为主,海拔 $1\,900\text{ m}$ 以上有少量青海云杉(*Picea asperata*);中坡位以油松(*Pinus tabulaeformis*)和落叶松(*Larix gmelini*)人工纯林为主;下坡位是灌丛林,建群种有虎榛子(*Ostrya-sis-davidiana*)、绣线菊(*Spiraea salicifolia*)等^[8]。本研究试验地位于大青山古路板林场,该林场东西

长 55 km ,南北宽约 25 km ,总经营面积 5.4 万 hm^2 。

2 数据来源

以大青山 3 种主要植被类型油松人工林、落叶松人工林、白桦天然次生林为研究对象,以 2006 和 2007 年调查数据为依据,植被土壤、气象方面的数据均由“大青山森林生态系统恢复及其生态效益评价”课题组提供。每个林型选择 5 个有代表性的样地,其中乔木层生物量用分层切割法^[9]测定,灌木层生物量用直接收获法^[10]测定,土壤体积质量和孔隙度均采用环刀法^[11]测定;土壤渗透性采用双环渗透法^[11]测定,土壤含水量采用烘干恒质量法^[12]测定。风速、温度和湿度用手持式气象仪 Kestrel 3000 测定。产流系数和土壤侵蚀量采用人工降雨试验^[13]测定。

3 评价指标体系的建立及各指标权重的确定

建立大青山植被恢复综合生态效益评价体系,在此基础上采用专家打分、层次分析法与统计法相结合的办法,对其综合效益的每个子效益及其下的若干具体指标进行量化,得出各指标的权重,并用指标权重系数反映其贡献率的大小,得出各指标加权指数值,再求得子效益和综合效益指数^[14-15]。

3.1 评价指标体系的建立

森林生态效益评价指标体系的筛选是一项复杂的系统工程,要求评价者对评价系统有充分认识及丰富的专业知识。目前,筛选评价指标的方法主要有专家咨询法、理论分析法和频度分析法等,本研究将这 3 种方法相结合来确定评价指标。首先采取频度分析法,查阅国内外相关文献,对各种指标进行统计分析,选择那些使用频率较高的指标;同时,在分析大青山 3 种植被的基础上,依照指标选择的系统性、科学性、可比性、目的性、可操作性等原则,采用理论分析法对各指标进行分析、比较、综合,选择那些针对性和可操作性较强的指标;在此基础上,进一步征询有关专家意见,对指标进行调整,最终得到综合评价的指标体系(表 1)。

3.2 评价指标体系中各项指标所占权重的确定

综合生态效益评价指标体系建立后,就要分析指标体系中各项要素之间的相互作用和相互联系,确定其在指标体系中的相对地位和影响,即所占的权重。

表 1 大青山主要植被类型综合生态效益评价指标体系

Table 1 Ecological benefits index system of main forest type in Daqing Mountain

总目标层 Total target layer	准则层 Rule layer	指标层 Index level
综合生态效益(A) Ecological benefit	生态系统结构与功能(B ₁) Ecosystem structure and function	灌木总盖度(C ₁) Shrub and grass coverage
		林分郁闭度(C ₂) Canopy density
		生物多样性(C ₃) Biodiversity
		森林生产力(C ₄) Forest productivity
	涵养水源(B ₂) Water conservation	非毛管持水量(C ₅) Non-capillary water holding capacity
		土壤持水量(C ₆) Soil water-holding capacity
		凋落物持水量(C ₇) Litter-water-holding capacity
		土层厚度(C ₈) Soil thickness
	改良小气候(B ₃) Improved micro-climate	降低风速(C ₉) Reduce wind speed
		调节温度(C ₁₀) Temperature regulation
		增加湿度(C ₁₁) Increase humidity
	水土保持(B ₄) Water and soil conservation	枯枝落叶层厚度(C ₁₂) Litter layer
		产流系数(C ₁₃) Runoff coefficient
		土壤侵蚀量(C ₁₄) Amount of soil erosion
		土壤渗透性(C ₁₅) Soil permeability
	改良土壤(B ₅) Forest soil	土壤体积质量(C ₁₆) Soil bulk density
		土壤总空隙度(C ₁₇) Soil porosity
		土壤有机质含量(C ₁₈) Soil organic matter
	固碳放氧(B ₆) Solid carbon discharge oxygen	固定 CO ₂ 量(C ₁₉) Fixed carbon dioxide
		释放 O ₂ 量(C ₂₀) Discharge oxygen

3.2.1 权重的确定 目前确定指标权重的方法主要有专家评估法(德尔菲法)、频数统计分析法、等效益替代法、指标值法、因子分析法、相对系数法和层次分析法等。本研究采用层次分析法^[6-7]来确定各项指标的权重。层次分析法的基本思路是比较若干因素对同一目标的影响,从而确定它们在目标中所占的比重。下面按照层次分析法的步骤来计算指标体系中各指标的权重值。

3.2.2 判断矩阵的构造及一致性检验 首先,邀请林学及生态学等各学科领域的专家对生态结构与功能、涵养水源、改良小气候、水土保持、改良土壤作用和固碳放氧这 6 个评价指标进行考察,依据层次分析法的判断基准,对这 6 个评价指标进行两两比较,构造出总目标层 A 的数值判断矩阵 P_A :

$$P_A = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 3 & 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 3 & 2 & 2 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1/2 & 1/2 & 1 \\ 1 & 1/2 & 2 & 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1/2 & 2 & 1/2 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1/3 & 1 & 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix}。$$

计算 P_A 权重向量集 $\bar{W} = [0.207, 0.314, 0.065, 0.191, 0.101, 0.069]^T$,其最大特征根 $\lambda_{\max} = 6.18$ 。用层次分析法的一致性检验指标(CI)来衡量矩阵的不一致程度,其计算公式为:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}。$$

式中: n 为评价指标个数。

经计算本研究中 $CI = 0.04$ 。查层次分析法中的 RI 对应表可知,当 $n = 6$ 时, $RI = 1.24$,由此得出一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.04}{1.24} < 0.1$,知判断矩阵具有满意的一致性。

所以准则层因素 $B_1、B_2、B_3、B_4、B_5、B_6$ 的权重分别为 0.207,0.314,0.065,0.191,0.101,0.069。

同理,根据专家评分表的统计结果,建立准则层 6 个指标的判断矩阵:

$$P_{B1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/3 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1/2 & 1/2 \\ 3 & 2 & 1 & 1/2 \\ 2 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}, P_{B2} = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 2 & 1/2 \\ 3 & 1 & 5 & 2 \\ 1/2 & 1/5 & 1 & 1/3 \\ 2 & 1/2 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$
$$P_{B3} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 & 1 \\ 1/3 & 1 & 2 & 2 \\ 1/2 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}, P_{B4} = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/2 \\ 2 & 1 & 1/2 \\ 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$
$$P_{B5} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 1/2 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 2 & 1 \end{bmatrix}, P_{B6} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

最后经过一致性检验可知,生态系统结构与功能指标权重 $(C_1, C_2, C_3, C_4) = (0.151, 0.167, 0.311, 0.370)$,涵养水源指标权重 $(C_5, C_6, C_7, C_8) = (0.157, 0.483, 0.088, 0.272)$,水土保持指标权重 $(C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{15}) = (0.353, 0.121, 0.190,$

0.319),改良小气候指标权重(C_9,C_{10},C_{11})=(0.196,0.311,0.493),改良土壤作用指标权重(C_{16},C_{17},C_{18})=(0.49,0.20,0.31),固碳放氧指标权重(C_{19},C_{20})=(0.500,0.500)。

3.2.3 层次总排序的计算及一致性检验 一致性比率计算公式为:

$$CR=\frac{\sum_{j=1}^m CI(j)a_j}{\sum_{j=1}^m RI(j)a_j}=0.026。$$

式中:CR 为一致性比率,CI 为一致性检验指标,RI 为一次性检验 N 对应值, a_j 为准则层权重。由计算结果可知 $CR<0.1$,认为层次总排序结果具有较满意的一致性,该分析结果可以接受。

3.2.4 层次总排序权值的确定 为了给效益评价者提供整体决策的依据,找出指标体系中一级因素和二级子因素对生态效益的影响程度,还需要在各

层次单排序的基础上进行系统整体排序,通过层次总排序求各因子对生态效益的排序权值。

4 综合生态效益评价

由于评价指标体系的量纲不同,并且指标间数量差异较大,使得不同指标值在量上不能直接进行比较,为此根据生态调查的常规方法,对各种指标进行无纲量化处理。为了便于不同森林类型之间的比较和综合评价指标指数的计算,同时方便进行纵向和横向比较,对于数值越大生态效益越大的指标,有 $X_{\text{无纲量化}}=X_{\text{实际}}/X_{\text{平均}}$;对于数值越小生态效益越大的指标,有 $X_{\text{无纲量化}}=(X_{\text{实际}}/X_{\text{平均}})^{-1}$ 。式中: $X_{\text{实际}}$ 为 3 种生态类型各指标的实际调查值, $X_{\text{平均}}$ 为 3 种生态类型各指标实际调查值的平均值。依据上述方法对本试验所选指标进行无纲量化处理,并计算其生态效益指数(组合权重 $\times$ 无纲量化值),结果见表 2。

表 2 各指标层的组合权重及实测值无纲量化后计算所得的生态效益指数

Table 2 Combination weight of index layer and measured values standardization conclusion ecological benefit index														
目标层 Total target layer	准则层 Rule layer		指标层 Index level		组合权重 Combination weight	各指标实测值 Measured values			无纲量化后的值 Standardization			生态效益指数 Ecologic benefit index		
	指标 Index	权重 Weight	指标 Index	权重 Weight		油松 <i>Pinus</i>	落叶松 <i>Larix</i>	白桦 <i>Btula</i>	油松 <i>Pinus</i>	落叶松 <i>Larix</i>	白桦 <i>Btula</i>	油松 <i>Pinus</i>	落叶松 <i>Larix</i>	白桦 <i>Btula</i>
A	B ₁	0.207	C ₁	0.151	0.031	0.35	0.25	0.60	0.88	0.63	1.50	0.027	0.019	0.047
			C ₂	0.167	0.035	0.75	0.70	0.60	1.10	1.02	0.88	0.038	0.036	0.031
			C ₃	0.311	0.064	17.00	11.00	24.00	1.02	0.66	1.44	0.065	0.042	0.092
			C ₄	0.370	0.077	36.68	59.21	29.63	0.88	1.42	0.71	0.068	0.109	0.055
	B ₂	0.314	C ₅	0.157	0.049	5.25	6.02	7.35	0.85	0.97	1.18	0.041	0.048	0.058
			C ₆	0.483	0.152	29.62	54.81	54.81	1.12	2.08	2.08	0.171	0.316	0.316
			C ₇	0.088	0.028	33.83	64.74	32.37	0.78	1.48	0.74	0.022	0.042	0.021
			C ₈	0.272	0.085	0.50	0.90	0.90	0.02	0.03	0.03	0.002	0.003	0.003
	B ₃	0.065	C ₉	0.196	0.013	0.50	0.33	0.30	1.33	0.88	0.80	0.017	0.011	0.01
			C ₁₀	0.311	0.02	0.05	0.08	0.06	0.79	1.26	0.95	0.016	0.025	0.019
			C ₁₁	0.493	0.032	0.05	0.05	0.07	0.91	0.91	1.18	0.029	0.029	0.038
	B ₄	0.191	C ₁₂	0.353	0.068	3.00	4.25	6.00	0.68	0.96	1.36	0.046	0.065	0.092
			C ₁₃	0.121	0.023	23.81	22.46	1.72	0.07	0.08	1.00	0.002	0.002	0.023
			C ₁₄	0.190	0.036	29.91	13.05	1.37	0.05	0.10	1.00	0.002	0.004	0.036
			C ₁₅	0.319	0.061	3.86	4.48	5.01	0.87	1.01	1.13	0.053	0.061	0.069
	B ₅	0.101	C ₁₆	0.493	0.05	1.48	1.12	1.02	0.82	1.08	1.18	0.041	0.054	0.059
			C ₁₇	0.196	0.02	44.39	57.00	60.13	0.82	1.06	1.12	0.016	0.021	0.022
			C ₁₈	0.311	0.031	3.04	7.61	8.03	0.49	1.22	1.29	0.015	0.038	0.040
	B ₆	0.069	C ₁₉	0.500	0.035	21.70	38.24	19.22	0.82	1.45	0.73	0.029	0.051	0.025
			C ₂₀	0.500	0.035	29.47	51.95	26.93	0.82	1.44	0.75	0.029	0.05	0.026

另外,产流系数、土壤侵蚀量因差异较大且具有一定关联性,本研究根据专家意见对其进行等间距附值量化,结果见表 3。

表 3 产流系数、土壤侵蚀量的等间距附值量化结果

Table 3 Runoff coefficient and soil erosion equidistant value quantification			
30≤x<40	20≤x<30	10≤x<20	x<10
0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1.0

注:x 为产流系数或土壤侵蚀量。
Note:x is run off coefficient or amount of soil erosion

计算各植被类型综合生态效益指数(指标层生态效益指数之和)及各生态子效益对综合生态效益指数的贡献率(准则层生态效益指数/综合生态效益指数 $\times 100\%$),结果见表 4。

表 4 各植被类型综合生态效益指数及各生态子效益对综合生态效益指数的贡献率
Table 4 Main forest type comprehensive ecologic benefit index and ecological sub-effective contributing rate to comprehensive ecological benefit

准则层 Rule layer	油松 <i>Pinus tabulaeformis</i>		落叶松 <i>Larix prince rupprecht</i>		白桦 <i>Btula platyphlla</i>	
	生态效益指数 Ecologic benefit index	贡献率 Contribution rate	生态效益指数 Ecologic benefit index	贡献率 Contribution rate	生态效益指数 Ecologic benefit index	贡献率 Contribution rate
B ₁	0.198	0.267	0.206	0.199	0.224	0.210
B ₂	0.216	0.291	0.368	0.355	0.358	0.336
B ₃	0.062	0.084	0.066	0.064	0.067	0.063
B ₄	0.137	0.185	0.183	0.176	0.245	0.230
B ₅	0.072	0.097	0.113	0.109	0.121	0.113
B ₆	0.057	0.077	0.101	0.097	0.052	0.049
综合生态效益 Comprehensive ecologic benefit	0.742		1.037		1.067	

由表 4 可知,3 种森林类型 6 种评价指标的综合效益排序为:就生态系统结构与功能而言,白桦林>落叶松林>油松林;就涵养水源效益而言,落叶松林>白桦林>油松林;就改良小气候、水土保持和改良土壤而言,白桦林>落叶松林>油松林;就固碳放氧而言,落叶松林>油松林>白桦林。

由表 4 还可知,3 种森林类型的 6 种生态因子子效益对综合生态效益的贡献率有差异,对油松林而言:涵养水源>生态系统结构与功能>水土保持>改良土壤>改良小气候>固碳放氧;对落叶松林而言:涵养水源>生态系统结构与功能>水土保持>森林改良土壤>固碳放氧>改良小气候;对白桦林而言:涵养水源>水土保持>生态系统结构与功能>改良土壤>改良小气候>固碳放氧。就不同林型各指标对其综合效益的贡献率而言,除了白桦林在水土保持效益上的贡献率大于生态系统结构与功能效益外,其他贡献率受其对综合效益权重的影响,整体排序差别不大。

5 结 论

1) 在建立大青山植被恢复综合效益评价体系的基础上,依据专家打分,将层次分析法与统计法相结合,得出油松林、落叶松林、白桦林 3 种森林类型综合生态效益的排序为白桦林(1.067)>落叶松林(1.037)>油松林(0.742)。

2) 根据层次分析法所得结果,3 种森林类型 6 种评价指标的生态效益对综合生态效益的贡献率有一定差别,评价指标权重越大者对综合生态效益的贡献率也越大。

[参考文献]

[1] 胡秉民,王兆骞.农业生态系统结构指标体系及其量化方法研究[J].应用生态学报,1992,3(2):144-148.
Hu B M,Wang Z Q. Structural index systems of agroecosystem and their quantitative methods [J]. Journal of Applied Ecology,1992,3(2):144-148. (in Chinese)

[2] 米 锋,李吉跃,杨家伟.森林生态效益评价的研究进展[J].北京林业大学学报,2003,25(5):77-83.
Mi F,Li J Y,Yang J W. Review on research of evaluation on forest ecological benefits [J]. Journal of Beijing Forestry University,2003,25(5):77-83. (in Chinese)

[3] 刘 昕,孙 铭,朱 俊,等.上海城市森林评价指标体系[J].复旦大学学报:自然科学版,2004,43(6):988-993.
Liu X,Sun M,Zhu J,et al. Studies on comprehensive evaluation index system for urban forest in Shanghai [J]. Journal of Fudan University:Natural Scienc Edition,2004,43(6):988-993. (in Chinese)

[4] 周 毅,苏志尧.公益林生态效益计量研究进展[J].世界林业研究,1998(2):132-217.
Zhou Y,Su Z Y. Advances on the evaluation of the ecological effects of non-industrial forests [J]. World Forestry Research,1998(2):132-217. (in Chinese)

[5] 张彩霞,王训明,满多清.层次分析法在民勤绿洲农田防护林生态效益评价中的应用[J].中国沙漠,2010,33(3):602-608.
Zhang C X,Wang X M,Man D Q. Application of Analytic Hierarchy Process(AHP) in ecological benefit evaluation of farmland shelterbelts in Minqin Oasis [J]. Journal of Desert Research,2010,33(3):602-608. (in Chinese)

[6] 许树柏.层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1986:11-61.
Xu S B. Principle of AHP [M]. Tianjin: Tianjin University Press,1986:11-61. (in Chinese)