

中国草原生态功能评价指标体系

尹剑慧, 卢欣石

(北京林业大学草地资源与生态实验室, 北京 100083)

摘要:草原生态系统是我国陆地上最重要的生态系统类型之一,其生态功能价值是巨大的。对草原生态功能指标体系评价的意义、指标筛选原则和方法等进行了总结,并在现行草原生态功能评估方法研究的基础上,进行了方法研究的新探索—将频度分析法、专家咨询法、层次分析法(AHP)3种方法有机结合共同运用到评估工作中去,从而提出了一套较为科学的、公平的和可操作的评价指标体系。这一体系由8项元素组成,按权重由大到小依次为水土保持、涵养水源、固碳吐氧、维持生物多样性、净化空气、生态旅游、废弃物处理、营养物质循环。

关键词:生态功能;指标体系;层次分析法

文章编号:1000-0933(2009)05-2622-09 中图分类号:Q146 文献标识码:A

Construction of evaluation indicator system of China grassland ecological function

YIN Jian-Hui, LU Xin-Shi

Grassland Resource and Ecology Laboratory, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(5): 2622 ~ 2630.

Abstract: The grassland ecosystem, one of the most important terrestrial ecosystems in China, has enormous ecological values. This article reviewed the significance and selection principles and methods of the current grassland ecological function evaluation indicator system. Based on the existing research results, new evaluation methods were explored. A more scientific, fair and operational evaluation indicator system is proposed by incorporation of Frequency Analysis, Expert Advice Method and Analytical Hierarchy Process into the evaluation process. This system consists of eight evaluation factors, including in order of significance, water and soil conservation, water holding, carbon fixation and oxygen release, biological diversity maintaining, air cleaning, eco-tourism, waste degradation, and nutrient recycling.

Key Words: ecological function; indicator system; Analytical Hierarchy Process

随着人类对生态系统服务功能不可替代性的认识越来越深刻,生态系统价值愈来愈受到人们的关注^[1~3]。我国天然草原面积约4亿hm²,占国土面积的41%,约为耕地面积的3.2倍,森林面积的2.5倍,是我国面积最大的陆地生态系统,具有重要的生态服务功能。草原生态系统服务功能既包括生产功能,也包括生态功能。过去,人们把对草原生态系统的研究重点放在其重要的生产功能上,即直接的牧草生产价值上,而没有认识到草原生态系统潜在着的巨大的生态价值。绿色GDP是把环境资源要素纳入国民经济核算体系,建立新的国民经济核算体系。它的提出,促使人们将草地研究的重点放在其重要的生态功能和价值核算上。目前,尽管众多学者从不同角度对我国草原生态系统服务功能及其价值进行了研究,也深知生态功能价值远大于其牧草生产价值,但大部分研究只是利用Costanza等^[4]的研究结果,停留在对草原生态功能价值评价定性化、半价值化的程度上,而始终未形成一套统一的、公认的评价指标体系与价值核算体系,没有实现评价指标的完全价值化,这是我国草学界多年来一直面临的难题。

基金项目:国家科技部科技基础条件平台资助项目(2004-DEA71190);国家科技支撑计划资助项目(2006BAD26B04-03)

收稿日期:2008-01-08; 修订日期:2008-05-06

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yjhlzg520@163.com

标准指标体系的建立是进行后期工作——构建标准价值核算体系、核算草原生态功能价值以及作出正确决策的基础。本研究以我国草原生态系统服务功能中更为重要的生态功能为研究对象,一是因为这一研究是国家科技基础条件平台项目“退化土地环境价值核算体系与标准体系”的重要组成部分,其核心就是通过科学的指标筛选原则和方法,构建一套统一、可行的评价指标体系,为进行全国草原生态功能价值和退化环境损失价值的核算作基础,为最终将草原资源纳入绿色 GDP 核算体系做好前期工作。二是要更加唤起人们对于草原生态功能的重视,更好的维护我国草原生态系统的平衡。本文将从指标体系建立的原则、评价指标的筛选方法、评价指标体系的研究结果及其结论与分析等诸方面进行论述。

1 研究方法

研究方法包括基础资料的收集、指标体系建立的原则和评价指标筛选的方法 3 个方面。

1.1 基础资料的收集

资料收集是进行指标筛选时最基本的步骤。本项研究尽可能全面地整理了国内外草地生态功能、以及基于遥感技术的草地生态系统动态评估模型研究等相关研究成果,从而为该项研究的进行奠定牢靠的基础。

1.2 指标体系建立的原则

评价指标的筛选,是指标体系构建的客观性、公正性和可操作性的重要保证和前提,应吸收前人研究成果中的优良指标,同时,根据评估对象的结构、功能以及区域特性,提出反映其本质内涵的指标,以便科学、公正地进行评估工作。参考靳芳、李林、王蒲吉等人有关评价指标体系研究中所遵循的指标筛选原则^[5~7],本文在从事指标筛选研究中,通过对前人研究成果进行适当的整理、归纳后,提出如下五项筛选原则:①可操作性原则。评价指标体系要做到科学合理、指标精练、含义明确、方法简捷、数据易得且可靠,具有实际价值和推广价值。②系统全面性原则。评价指标体系是一个多属性、多层次、多变化的体系,要体现草原生态系统与环境、社会、经济系统的整体性和协调性。同时,评价指标体系作为一个有机整体,要能够反映草原生态系统的主要特征和状况,既要有静态指标,又要有动态指标。③独立稳定性原则。指标要力求简洁、实用,指标间应尽可能独立,尽量选择那些有代表性的综合指标和主要指标,辅之以一些次要指标,并且指标体系内容不宜变动过多、过频,应保持相对稳定性。④可比性原则。指标要便于在不同区域,对同一类型草地效益计量评估时的比较。⑤易接受性原则。应使指标体系中的各项指标能为大多数人所理解和接受。

1.3 评价指标的筛选方法

建立科学、合理的指标体系,关系到评估结果的正确性。评价指标的筛选,是一项复杂的系统工程,要求评估者对指标系统有充分的认识及多方面的知识积累。目前,筛选指标的方法不多,主要有专家咨询法、层次分析法和频度分析法等^[8]。频度分析法是对国内外众多有关文献、博硕士论文及相关资料中的各种指标进行统计分析,选择那些使用频度较高和针对性较强的指标。专家咨询法是通过国内有关专家的咨询,要求各位专家从更广的视角和更高的层次上对给定指标所提供的服务价值在草地生态系统服务总价值中所占的重要性方面提出看法和答询。层次分析法是用于计算指标权重及排序的决策分析方法,是 20 世纪 70 年代由美国运筹学家 A·L·Saaty 提出的^[9,10]。然而大多数人只单单根据专家咨询来选取研究指标,存在很大的主观性,而到底我国草原有多少种生态功能、在这些功能中哪些功能比较重要、哪个功能指标所占的权重最大,至今还没有人提出明确的结论。因此,本研究将这 3 种方法有机结合起来,通过层层筛选、调整、修正、排序,最后选出权重较大的指标来构建指标体系。

2 评价指标体系的研究结果

鉴于目前评价草原生态功能及其价值没有确定的指标体系且设置差异很大,因此构建指标体系首先要确立指标的筛选范围,其次要评定指标的重要性,再次计算指标的权重及排序,最后根据排序筛选权重较大的指标。

2.1 确立指标筛选范围

首先采取频度分析法,确定指标筛选范围。在收集了 120 余篇关于草原生态功能研究方面的文献后发

现,目前关于草原生态功能指标的提法基本是源于 Costanza 一个人的, Costanza 提出的生态功能指标包括气候管理、干扰管理、涵养水源(水管理和水供应)、保育土壤(侵蚀控制和土壤形成)、固碳吐氧、净化空气、营养物质循环、生态旅游(娱乐和文化)、废弃物处理、授粉、栖息地、生物控制、基因资源等 13 项。我国专家基本上是引用 Costanza 提出的评价指标进行区域性或全国性的案例分析,而始终未提出一套真正的适合我国草原生态系统的标准评价指标,因此,就必须通过如下四项原则来筛选参考文献,从而确立指标筛选范围:(1)要选取文献中的生态功能指标,即不包括生产功能指标;(2)该文献所选取的指标要多于或等于两项;(3)该文献中的指标要严格遵循可操作性、系统全面性、独立稳定性、可比性、易接受性等五项基本的指标体系筛选原则;(4)该文献要对所选指标进行价值评估并且该指标有较明确的价值核算方法。经过筛选,将不符合条件的基因资源、气候管理、干扰管理 3 项指标淘汰,符合以上 4 个条件的国内文献共有 20 篇。本研究将以这 20 篇文献中所选取的指标作为筛选依据来确定指标筛选范围,这些指标共 10 项,即涵养水源、保育土壤、固碳吐氧、净化空气、营养物质循环、生态旅游、废弃物处理、授粉、栖息地、生物控制,见表 1。

表 1 中国专家对 Costanza 评价指标使用情况的调查结果

Table 1 The findings of use condition about Chinese experts for Costanza's evaluation indicator system

研究者 Researchers	功能指标(function indicators)									
	涵养水源 WH	保育土壤 SC	固碳吐氧 CFOR	净化空气 AC	营养物质 循环 NR	生态旅游 ET	废弃物处理 WD	授粉 P	栖息地 H	生物控制 BC
Costanza 等 ^[4]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
刘起 ^[11]			✓		✓					
欧阳志云 ^[3]	✓	✓		✓	✓	✓		✓		
陈仲新 ^[12]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
谢高地 ^[13]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
赵同谦 ^[1]	✓	✓			✓		✓			
刘敏超等 ^[14]	✓	✓	✓			✓	✓			
柳碧晗等 ^[15]	✓	✓	✓	✓						
闵庆文等 ^[16]	✓	✓	✓			✓				
王静等 ^[17]	✓	✓	✓	✓	✓					
乔光华等 ^[18]	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓
郭正刚等 ^[19]	✓	✓				✓				
王立功等 ^[20]	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓
龙瑞军 ^[21]	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
郑度等 ^[22]	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓
李方等 ^[23]	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓
张培栋等 ^[24]	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
杨金龙等 ^[25]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
王春芳等 ^[26]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
叶茂等 ^[27]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
郭新春等 ^[28]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
指标使用率(%) Indicators Utilization	95	95	80	75	70	70	55	45	60	60

“✓”表示该指标被选用 means the indicator is chose to use; WH: water holding; SC: soil conservation; CFOR: carbon fixation and oxygen release; AC: air cleaning; NR: nutrient. recycling; ET: ecological tourism; WD: waste degradation; P: pollination; H: habitats; BC: biological control

据表 1,将指标使用率进行统计分析,可以看出:以上 10 项指标被引用频率各不相同,大体可分为 3 个等级:使用频率在 80% 以上的有保育土壤、涵养水源、固碳吐氧;使用频率在 60% ~ 80% 的有营养物质循环、净化空气、生态旅游、栖息地、生物控制;使用频率在 60% 以下的有废弃物处理、授粉。其中,保育土壤和涵养水源的使用频率最高,达 95%,而授粉的使用率最低。

2.2 评定指标重要性

评定指标重要性,采取专家咨询法。首先根据作者经验以及有关专家的咨询,将草原生态功能划分为三

大类,即环境改善功能、生物多样性保护功能和社会文化服务功能,就三大功能、九大重要性等级(即最重要、很重要、较重要、稍重要、不重要以及4个相邻中值)建立一表格。接着将以上10项指标按其内涵以及作用分别列入这三大功能体系中,即第一类是环境改善功能,包括涵养水源、保育土壤、固碳吐氧、净化空气、营养物质循环、废弃物处理、生物控制、生态旅游;第二类是生物多样性保护功能,包括涵养水源、保育土壤、固碳吐氧、营养物质循环、授粉、栖息地、生物控制;第三类是社会文化服务功能,包括净化空气、废弃物处理、生态旅游,并分别按指标重要性的九个等级另建立3个表格。然后向在草原方面有研究的30名专家就以上4个表格中各指标的重要性打“√”,根据4位专家的意见反馈认为草原防风固沙功能有非常重要的作用,故将防风固沙功能均列入以上3个表格中再次进行专家咨询,最终通过12位专家的意见回复,经过统计、整理,确定出各指标在所属功能体系中的重要性。经分析,专家们认为:三大类功能中,环境改善功能最重要,其次是生物多样性保护功能,再次是社会文化服务功能。在环境改善方面,涵养水源、保育土壤、防风固沙的作用相比之下更重要些;在生物多样性保护方面,授粉、栖息地、生物控制的作用更重要性;在社会文化服务方面,生态旅游、废弃物处理的作用更重要。

2.3 建立指标权重的数学模型

建立指标权重的数学模型,采用层次分析法,即建立递阶层次结构模型。它是把复杂的问题分解为称之为要素的各级组成部分,并把这些要素按属性不同分成若干级,形成不同层次。同一层次的要素作为准则对下一层次元素起支配作用,同时它受上一级元素的支配,从上至下支配关系形成一个递阶层次结构,这是AHP法中最重要的一步^[29,30]。

本研究建立的生态功能评价指标体系的递阶层次结构为非树状结构,该结构模型划分为3个递阶层次,即目标层A、准则层B、方案层C。其中,目标层A为草原生态功能评价指标;准则层B包括环境改善功能(B1)、生物多样性保护功能(B2)和社会文化服务功能(B3);方案层C分为3类,共11个元素,即对应第一类环境改善功能(B1)的相关元素有涵养水源C1、保育土壤C2、固碳吐氧C3、净化空气C4、防风固沙C5、营养物质循环C6、生物控制C9、废弃物处理C10、生态旅游C11,与第二类生物多样性保护功能(B2)具有相关联系元素包括涵养水源C1、保育土壤C2、固碳吐氧C3、防风固沙C5、营养物质循环C6、授粉C7、栖息地C8、生物控制C9,、第三类是社会文化服务功能(B3)所包含的净化空气C4、防风固沙C5、废弃物处理C10、生态旅游C11(图1)。

2.4 确定权重的排序

依据AHP原理和方法^[30],在建立递阶层次结构后,为了使因素之间进行两两比较,得到量化的判断矩阵,本研究采取人们普遍认可的1~9评判标度。通过上述专家咨询,自上而下对各层次指标进行两两重要程度判断比较,得出层次结构模型各层次的判断矩阵,然后根据资料数据的统计分析以及研究人员的经验经过反复修正之后构建出判断矩阵A-B、B1-C、B2-C、B3-C(附表)。根据判断矩阵,运用excel软件,采取和积法来进行层次单排序计算^[31]。其具体计算步骤:

①将判断矩阵的每一列元素作归一化处理,其元素的一般项为:

$$b_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{j=1}^n b_{ij}} (i, j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

②将每一列经归一化处理后的判断矩阵按行相加为:

$$W_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

③对向量 $WT = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ 归一化处理,即:

$$W_i = \frac{W_i}{\sum_{j=1}^n W_j} (i = 1, 2, \dots, n)$$

得 $WT = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ 即为权重向量。

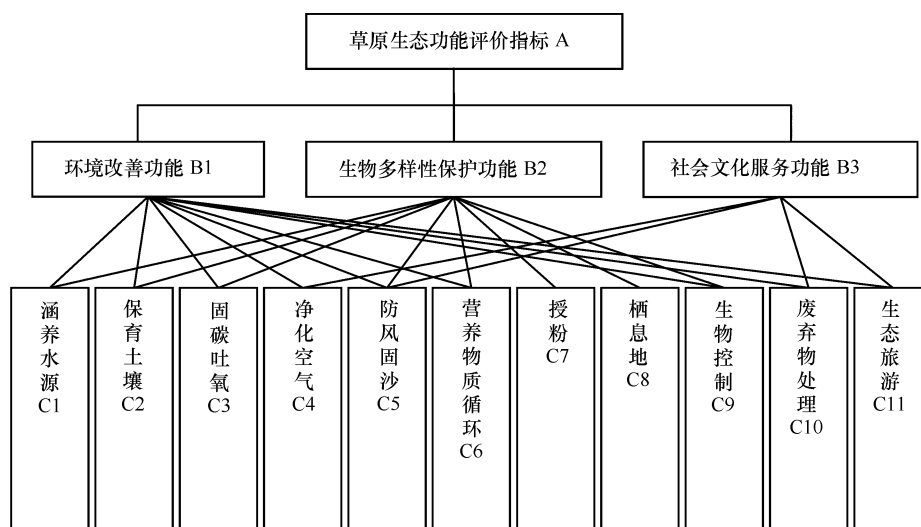


图1 递阶层次结构模型

Fig. 1 The study of Hierarchical structure model

A: Evaluation indicators of grassland ecological function; B1: Environmental improvement function (EIF); B2: Biodiversity protection function (BPF); B3: Social and cultural services function (SCSF); C1: Water holding (WH); C2: Soil conservation (SC); C3: Carbon fixation and oxygen release (CFOR); C4: Air cleaning (AC); C5: Wind shielding and soil fixation (WSSF); C6: Nutrient Recycling (NR); C7: Pollination (P); C8: Habitats (H); C9: Biological control (BC); C10: Waste degradation (WD); C11: Ecological tourism (ET); 下同 the same below

④计算判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max}$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(BW)_i}{nW_i}$$

⑤计算判断矩阵一致性指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ (n 为判断矩阵的阶数) 以及随机一致性比 $CR = CI/RI$ 。对于 1~9 阶的判断矩阵, T. L. Saaty^[30] 给出了 RI 值, 如表 2 所示。

表2 平均随机一致性指标 RI Table 2 Average and random consistent-targets RI

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

⑥计算层次总排序。利用层次单排序的计算结果, 进一步综合出对更上一层次的优劣顺序。

根据以上计算步骤, 最终求得评价指标各自的权重及排序, 见表 3。

3 结论

经计算得到一致性指标 CR 分别为 0.067、0.01、0.02、0.02, 均小于 0.10, 表明前面所建判断矩阵均具有满意的一致性, 其权重排序可以作为最终决策的依据。依据研究结果看出, 授粉功能的权重最小, 故应排除。由于草原防风固沙功能和保育土壤功能是两个相互交错紧密联系的指标, 鉴于指标筛选的独立性与稳定性原则, 并征求有关专家的意见, 认为将保育土壤功能和防风固沙功能合并以水土保持功能代之更加科学。此外, 生物控制和栖息地均属于生物多样性功能且目前一些学者已对生物多样性评价进行了研究, 参照有关文献, 以维持生物多样性功能代之更加合理。总结以上的研究结果, 得出草原生态功能评价指标体系应包括 8 项, 按照指标权重由大到小依次为水土保持、涵养水源、固碳吐氧、维持生物多样性、净化空气、生态旅游、废弃物处理、营养物质循环 (表 4), 这是下一步价值核算的基础, 起关键作用。

表 3 各指标权重及排序
Table 3 The weight and Sorting of indicators

项目 Items	环境改善功能(EIF) B1	生物多样性 保护功能(BPF) B2	社会文化服务功能 (SCSF) B3	C 层组合权重 W Combined Weight	总排序 Total Sequence
	0.688	0.234	0.078		
涵养水源 C1(WH)	0.294	0.075	0	0.2198	1
保育土壤 C2(SC)	0.203	0.075	0	0.1574	2
固碳吐氧 C3(CFOR)	0.136	0.032	0	0.1009	4
净化空气 C4(AC)	0.092	0	0.161	0.0756	7
防风固沙 C5(WSSF)	0.136	0.032	0.096	0.1083	3
营养物质循环 C6(NR)	0.027	0.075	0	0.0365	10
授粉 C7(P)	0	0.121	0	0.0283	11
栖息地 C8(H)	0	0.344	0	0.0807	5
生物控制 C9(BC)	0.027	0.245	0	0.0764	6
废弃物处理 C10(WD)	0.042	0	0.277	0.0506	9
生态旅游 C11(ET)	0.042	0	0.466	0.0653	8

EIF:Environmental improvement function;BPF:Biodiversity protection function; SCSF:Social and cultural services function;WSSF:Wind shielding and soil fixation

表 4 草原生态功能评价指标体系
Table 4 The evaluation indicator system of Grassland ecological function

目标 Aim	功能指标 Function indicators	排序 S	指标内涵 Meaning of indicators
草原生态功能评价 指标体系 A	水土保持(WSC)	1	防止土壤水力、风力侵蚀,进行土壤形成改良、固定沙土等生态功能 Prevent water and wind erosion, improve soil formation and fix sand.
	涵养水源(WH)	2	草地不仅具有较高的渗透性,还能截流降水、保水 Grassland not only has higher permeability, but also can store rainfall and water.
	固碳吐氧(CFOR)	3	土壤固定 CO ₂ 、释放 O ₂ ,维持大气中碳氧动态平衡 Soil has the ability of CO ₂ fixation and O ₂ release, can maintain the dynamic balance of oxygen and carbon in the atmosphere.
	维持生物多样性 (BDM)	4	草原生态系统不仅为各类生物物种提供繁衍生息的场所,而且还能有效控制有害生物数量 Grassland ecosystem not only provides survive place for various types of biological species, but also effectively control the number of harmful organism.
	净化空气(AC)	5	吸收污染物质、阻滞粉尘、杀灭病菌和降低噪声等,改善环境质量 Absorb pollutants, block dust, kill bacteria and reduce noise, improve environmental quality.
	生态旅游(ET)	6	草原生态系统为人类提供了娱乐、美学、文化、教育等多方面价值 Grassland ecosystem provide entertainment, authetic, culture, and education for human being.
	废弃物处理(WD)	7	草原生态系统在自然风化、淋滤以及微生物分解作用下,能够降解大量牲畜排泄物,避免其积存,并归还养分 Grassland ecosystem can degradate livestock excrements, avoid accumulation, and return nutrient through naturaldetrition, leaching and microbiological degradation.
	营养物质循环(NR)	8	主要是生物与土壤之间的养分交换过程,尤其是 N,P,KMainly about the nutrient exchange process between biology and soil, especially N, P, K.

S:Sequence;WSC:Water and soil conservation;BDM:Biological diversity maintaining

4 讨论

从评价结果来看,该研究是在前人研究成果的基础上进行的更进一步地探索。经过科学的指标筛选原则和筛选方法,构建出一套草原生态功能指标体系。这套体系是建立在理论研究以及专家意见回馈的基础上,是将社会科学的研究方法与自然科学的研究方法交叉使用的结果,是具有一定程度的可操作性、数据易获得性和相对完善性的,它为我国草原生态功能价值核算体系的构建、我国草原生态系统服务价值的核算以及草地退化环境价值核算体系与标准体系的构建奠定了基础,同时也为草地资源的科学管理与合理利用、草原生态系统的保护和最终将其纳入国民经济核算体系提供了重要的参考价值。本研究只是从理论的层面上展开

的,缺乏实地的考察,收集整理的草原生态功能指标不一定适合所有的草地类型,要想真正评估我国草原为人类所创造的生态功能价值,还需要长期的探讨和实践。中国草原生态系统结构复杂,不同类型的草地其生态功能各异,就同一种功能在不同的草地类型中所产生的价值也是相差甚远。因此,要构建一套真正适合我国草地实际情况的指标体系,还需要理论与实践的多次结合,反复验证、修正理论,最终才能得出经得起实践考验的草原生态功能标准评价指标体系。

References:

- [1] Zhao T Q, Ouyang Z Y, Jia L Q. Ecosystem services and their valuation of China grassland. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1101—1110.
- [2] Xie G D, Lu C X, Xiao Y, *et al.* The economic evaluation of grassland ecosystem services in Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Mountain Science*, 20003, 21(1): 50—55.
- [3] Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. A primary study on Chinese terrestrial ecosystem services and their ecological-economic values. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(5): 607—613.
- [4] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, *et al.* The value of the world's ecosystem service and natural capital. *Nature*, 1997, 387: 253—260.
- [5] Jin F, Lu S W, Yu X X, *et al.* Preliminary study on evaluation index system of forest ecosystem services in China. *Science of Soil and Water Conservation*, 2005, 3(2): 5—9.
- [6] Li L, Cao W H, Bi H P. Evaluation system of organization safety culture based on SMART principles. *China Safety Science Journal*, 2007, 17(2): 121—128.
- [7] Wang P J, Wang Z Q, Meng P W. Study on Indexes system of rural land saving and intensive use assessment. *Resource Development & Marke*, 2007, 23(4): 303—307.
- [8] Lai Y F, Zhu Q K, Zhang Y Q, *et al.* Valuing ecological effects of land conversion project in Wuqi County. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(3): 83—87.
- [9] Zhang Z, Li J F, Huang L, *et al.* Studies on Gray Assessment Method and AHP for ecological fragility — A case study in Linxiang City, Hunan Province. *Resource Development & Marke*, 2007, 23(4): 305—307.
- [10] Zhang X G. The intensive use and evaluation of the land in our cities. The Master Degree Thesis of Xian's Building Science and Technology University, 2005, 37—39.
- [11] Liu Q. An Inquiry into the ecological economic value of grassland resource in China. *Journal of Sichuan Grassland*, 1999, 4: 1—4.
- [12] Chen Z X, Zhang X S. The value of China ecological system performance. *Journal of Science Notification*, 2000, 45(1): 17—22.
- [13] Xie G D, Zhang Y L, Lu C X, *et al.* Study on valuation of rangeland ecosystem services of China. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(1): 47—53.
- [14] Liu M C, Li D Q, Luan X F, *et al.* Ecosystem services and its value evaluation of Sanjiangyuan Region. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2005, 14(1): 40—43.
- [15] Liu B H, Guo J X. The grassland ecosystem services value in the West Jilin Province. *Grassland of China*, 2005, 27(1): 12—21.
- [16] Min Q W, Xie G D, Hu D, *et al.* Service valuation of grassland ecosystem in Qinghai Province. *Resources Science*, 2004, 26(3): 56—60.
- [17] Wang J, Wei Y M, Sun X Y. Effects of excessive grazing on grassland eco-system services valuation. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(3): 109—117.
- [18] Qiao G H, Wang H C. The investigation for the evaluation methods of grassland ecosystem services valuation. *Journal of Finance and Economics Institute of the Inner Mongol*, 2004, 2: 44—47.
- [19] Guo Z G, Gao X H, Liu X Y. Ecological economic value and functions and classification management for grassland in Gannan Prefecture, Gansu Province. *Journal of Mountain Science*, 2004, 22(6): 655—660.
- [20] Wang L G, Fu C L. The investigation for the value evaluation of ecological environment benefits in Great Khingan, Heilongjiang Province. *Journal of Heilongjiang Vocational Institute of Ecological Engineering*, 2007, 20(4): 6—9.
- [21] Long R J. Functions of Ecosystem in the Tibetan Grassland. *Science & Technology Review*, 2007, 25(9): 26—28.
- [22] Zheng D, Xie G D, Lu C X, *et al.* Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 189—196.
- [23] Li F, Zhang B, Zhang S Q. Ecosystem service valuation of Sanjiang Plain. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2004, 18(5): 19—23.
- [24] Zhang P D, Ma J B. The intension of forest and grassland ecosystem services. *Pratacultural Science*, 2005, 22(8): 38—41.
- [25] Yang J L, Pan X L. Study of the ecological value and sustainable exploitation and utilization of Xinjiang grassland. *Environmental Protection of Xinjiang*, 2004, 26(sup): 38—41.

- [26] Wang C F, Ye M, Xu H L, *et al.* Preliminary study on the services function and its value evaluation of grassland ecosystem in xinjiang. *Journal of Shihezi University*, 2006, 24(2): 217—222.
- [27] Ye M, Xu H L, Wang X P, *et al.* An assessment of the value and valuation of the grassland ecosystem in Xinjiang. *Acta Pratacultural Sinica*, 2006, 15(5): 122—128.
- [28] Guo X C, Zhao Y, Feng J, *et al.* The economic evaluation of steppe ecosystem services in Yao Jingzi Nature Reserve. *Journal of Nanchang University*, 2005, 29(4): 404—408.
- [29] Zeng Y. Research on evaluation indicator system of the present use condition of land in the district. *Land & Resources Herald*, 2005, 5(2): 23—27.
- [30] Lu X S, Shen Y L, Jiang Y L, *et al.* The AHP model design and applications of the comprehensive authentication of Alfalfa's agriculture Characteristics. In: Group of Analytical Hierarchy Process of China system engineering association. *Making Policy and Analytical Hierarchy Process*. Qingda: Publisher of Qingdao Ocean University, 1992, 267—270.
- [31] Solving problems about Analytical Hierarchy Process using the software of Excel [EB/OL]. <http://free.6to23.com/jhgk1983>, 2005-05-04.

参考文献:

- [1] 赵同谦, 欧阳志云, 贾良清, 等. 中国草原生态系统服务功能间接价值评价. *生态学报*, 2004, 24(6): 1101—1110.
- [2] 谢高地, 鲁春霞, 肖玉, 等. 青藏高原高寒草原生态系统服务价值评估. *山地学报*, 2003, 21(1): 50—55.
- [3] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. *生态学报*, 1999, 19(5): 607—613.
- [5] 靳芳, 鲁绍伟, 余新晓, 等. 中国森林生态系统服务价值评估指标体系初探. *中国水土保持科学*, 2005, 3(2): 5—9.
- [6] 李林, 曹文华, 毕海普. 基于 SMART 原则的企业安全文化评价体系研究. *中国安全科学学报*, 2007, 17(2): 121—128.
- [7] 王蒲吉, 王占岐, 孟蒲伟. 农用地节约集约利用评价指标体系研究. *资源开发与市场*, 2007, 23(4): 303—307.
- [8] 赖亚飞, 朱清科, 张宇清, 等. 吴旗县退耕还林生态效益价值评估. *水土保持学报*, 2006, 20(3): 83—87.
- [9] 张祚, 李江凤, 黄琳, 等. 基于 AHP 对生态脆弱性的灰色综合评价方法——以湖南省临湘市为例. *资源开发与市场*, 2007, 23(4): 305—307.
- [10] 张旭光. 我国城市土地集约化利用及其评价. 西安建筑科技大学硕士学位论文, 2005, 37—39.
- [11] 刘起. 中国草地资源生态经济价值的探讨. *四川草原*, 1999, 4: 1—4.
- [12] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值. *科学通报*, 2000, 45(1): 17—22.
- [13] 谢高地, 张钰铨, 鲁春霞, 等. 中国自然草原生态系统服务价值. *自然资源学报*, 2001, 16(1): 47—53.
- [14] 刘敏超, 李迪强, 栾晓峰, 等. 三江源地区生态系统服务功能与价值评估. *植物资源与环境学报*, 2005, 14(1): 40—43.
- [15] 柳碧哈, 郭继勋. 吉林省西部草原生态系统服务价值评估. *中国草地*, 2005, 27(1): 12—21.
- [16] 闵庆文, 谢高地, 胡聃, 等. 青海草原生态系统服务功能的价值评估. *资源科学*, 2004, 26(3): 56—60.
- [17] 王静, 尉元明, 孙旭映. 过牧对草原生态系统服务价值的影响——以甘肃省玛曲县为例. *自然资源学报*, 2006, 21(3): 109—117.
- [18] 乔光华, 王海春. 草原生态系统服务功能价值评估方法的探讨. *内蒙古财经学院学报*, 2004, 2: 44—47.
- [19] 郭正刚, 高新华, 刘兴元, 等. 甘南草地类型的生态经济价值与功能及其分类经营. *山地学报*, 2004, 22(6): 655—660.
- [20] 王立功, 付春玲. 黑龙江大兴安岭生态环境效益价值评价初探. *黑龙江生态工程职业学院学报*, 2007, 20(4): 6—9.
- [21] 龙瑞军. 青藏高原草地生态系统之服务功能. *科技导报*, 2007, 25(9): 26—28.
- [22] 郑度, 谢高地, 鲁春霞, 等. 青藏高原生态资产的价值评估. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189—196.
- [23] 李方, 张柏, 张树清. 三江平原生态系统服务价值评估. *干旱区资源与环境*, 2004, 18(5): 19—23.
- [24] 张培栋, 马金宝. 森林与草地生态系统服务的内涵. *草业科学*, 2005, 22(8): 38—41.
- [25] 杨金龙, 潘晓玲. 新疆草地生态价值及其可持续开发利用初探. *新疆环境保护*, 2004, 26(zk): 38—41.
- [26] 王春芳, 叶茂, 徐海量. 新疆草地生态系统的服务功能及其价值评估初探. *石河子大学学报*, 2006, 24(2): 217—222.
- [27] 叶茂, 徐海量, 王小平, 等. 新疆草地生态系统服务功能与价值初步评价. *草业学报*, 2006, 15(5): 122—128.
- [28] 郭新春, 赵妍, 冯江, 等. 腰井子自然保护区草原生态系统服务价值估算. *南昌大学学报*, 2005, 29(4): 404—408.
- [29] 曾毅. 区域土地利用现状评价指标体系研究. *国土资源导刊*, 2005, 2(5): 23—27.
- [30] 卢欣石, 申玉龙, 江玉林, 等. 苜蓿农艺性状综合鉴定的 AHP 模型设计与应用. 见: 中国系统工程学会层次分析法专业学组主编. *决策科学与层次分析法*. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1992. 267—270.
- [31] 用 Excel 求解层次分析法 (AHP) 问题 [EB/OL]. <http://free.6to23.com/jhgk1983>, 2005-05-04.

附表

A-B 判断矩阵及有关数据				B3-C 判断矩阵及有关数据				
P	A1	A2	A3	A3	B4	B5	B10	B11
A1	1	4	7	B4	1	2	1/2	1/3
A2	1/4	1	4	B5	1/2	1	1/3	1/4
A3	1/7	0.25	1	B10	2	3	1	1/2
				B11	3	4	2	1
最大特征值		随机一致性比率		最大特征值		随机一致性比率		
3.077		0.067		4.03		0.01		

B1-C 判断矩阵及有关数据									
A1	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B9	B10	B11
B1	1	2	3	4	3	7	7	6	6
B2	1/2	1	2	3	2	6	6	5	5
B3	1/3	1/2	1	2	1	5	5	4	4
B4	1/4	1/3	1/2	1	1/2	4	4	3	3
B5	1/3	1/2	1	2	1	5	5	4	4
B6	1/7	1/6	1/5	1/4	1/5	1	1	1/2	1/2
B9	1/7	1/6	1/5	1/4	1/5	1	1	1/2	1/2
B10	1/6	1/5	1/4	1/3	1/4	2	2	1	1
B11	1/6	1/5	1/4	1/3	1/4	2	2	1	1
最大特征值					随机一致性比率				
9.23					0.02				

B2-C 判断矩阵及有关数据								
A2	B1	B2	B3	B5	B6	B7	B8	B9
B1	1	1	3	3	1	1/2	1/5	1/4
B2	1	1	3	3	1	1/2	1/5	1/4
B3	1/3	1/3	1	1	1/3	1/4	1/7	1/6
B5	1/3	1/3	1	1	1/3	1/4	1/7	1/6
B6	1	1	3	3	1	1/2	1/5	1/4
B7	2	2	4	4	2	1	1/4	1/3
B8	5	5	7	7	5	4	1	2
B9	4	4	6	6	4	3	1/2	1
最大特征值					随机一致性比率			
8.19					0.02			