

森林生态系统健康评价指标体系的建立

李静锐¹,张振明¹,罗 凯²

(1. 北京林业大学水土保持学院,水土保持及荒漠化教育部重点实验室,北京 100083;

2. 北京林业大学资源与环境学院,北京 100083)

摘 要:中国是一个森林覆盖率低、森林资源匮乏的国家。由于各种因素,森林生态系统有不同程度的退化。因此,研究中国森林生态系统健康状况,对保护现有的森林资源以及提高森林生态系统的质量具有重要作用。从森林生态系统的结构和功能的角度出发,选用复合结构功能指标评价方法。同时,在生态系统健康理论上,以活力(V)、组织结构(O)和恢复力(R)为评价指标,根据中美合作项目八达岭森林健康研究的数据,对八达岭地区森林生态系统的健康状况进行评价,建立一套相应的森林健康评价指标体系。

关键词:森林生态系统;健康;指标体系

中图分类号:X171.1;S718.55

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)03-0173-02

The Establishment of Forest Ecosystem Health Assessment Index

LI Jing-rui¹,ZHANG Zhen-ming¹,LUO Kai²

(1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating,
Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083;

2. College of Resource and Environment, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: China is a country that owns lower forest overcast ratio and is short of forest resource. Owing to diversified factors, forest ecosystem has different degreed degeneration. Therefore the study of Chinese forest ecosystem health is very important to protect existing and improve the quality of forest resource. The complex fabric and function is chosen as the assessment of health indicator from the fabric and function of forest ecosystem. At the same time, on the basis of the biogeocenose theory, vigor (V), organization (O), and resilience (R) are taken as the indicators to evaluate large-scale forest ecosystem health. According to the data that studied by the item of Badaling Forest Health collaborated with America, a suit of estimate indicator system is established to appraise the status in Badaling.

Key words: forest ecosystem; health; indicator system

社会发展片面追求经济利益造成生态环境恶化,全球森林面积急剧减少,森林生态系统破碎化现象日益明显^[1]。生境质量的下降,直接威胁到人类自身的生活质量和健康状况^[2,3]。森林健康研究最早出现是在 20 世纪 60 年代,当时森林健康作为森林管理者的一个基本概念,强调的是森林病虫害、森林火灾和干旱等胁迫因子对森林的影响以及如何实施有效的制度等。从 60 年代到 80 年代中期,随着人们对森林作为生态系统主体认识的不断深入以及环境污染、木材的过量消耗而造成的森林生态系统的不断退化,对森林健康的理解也随之发生变化,对森林健康的研究也逐步从林分转移到森林生态系统上来^[4,5]。

现在人们更多关注的是森林的健康,一个健康的森林不一定没有病虫害、濒死木和枯立木的存在,只是不论森林病虫害的生物因素,或是林火、空气污染等的非生物因素都不致于形成灾害,也不能构成对现在和将来森林资源的威胁^[6]。而我国又是一个森林资源相对匮乏、森林覆盖率和森林资源人均拥有量均大大低于世界平均水平的国家。虽然林业建设取得了巨大的成绩,但森林健康状况也存在着较为

严重的问题^[7]。

根据国内外的研究文献,森林生态系统的评价方法主要有两种:指示物种法和结构功能法。指示物种评价森林生态系统健康,主要是依据生态系统的关键物种、特有物种、指示物种、濒危物种、长寿命物种和环境敏感物种等的数量、生物量、生产力、结构指标、功能指标及其一些生理生态指标来描述生态系统的健康状况。结构功能指标评价森林生态系统的健康是综合了生态系统的多项指标,反映了生态系统的过程;是从生态系统的结构、功能演替过程,生态服务和产品服务的角度来度量生态系统健康;强调生态系统为人类的服务,强调生态系统与区域环境的演变关系,同时也反映生态系统的健康负荷能力及其受胁迫后的健康恢复能力;反映了生态系统的不同尺度的健康评价转换。森林生态系统健康评价的结构和功能指标法主要有:单结构指标评价、单功能指标评价、复合结构指标评价、复合功能指标评价、复合自然指标体系评价和社会-经济-自然复合指标体系评价六个方面^[8]。

2002 年中美森林健康研讨会在贵阳召开,同时在我国

* 收稿日期:2006-11-11

基金项目:2005 年研究生自选课题基金

作者简介:李静锐(1980-),女,内蒙古赤峰人,硕士研究生,主要研究方向:森林健康与地理信息系统。

启动了 5 个试验区。因此,我国也开展了大量的森林健康的调查研究。作者参与了八达岭试验示范区森林健康项目和北京山区森林健康项目的调查和研究,并结合试验示范区的森林生长状况和调查数据,在以上几种指标评价方法中,选取复合结构和功能指标评价法,从中筛选最具代表性的指标建立森林生态系统健康的评价指标体系。以八达岭森林健康为例,证明该指标体系的科学性和使用性。

1 评价指标的筛选原则

本研究在建立森林生态系统健康评价指标体系中主要考虑三个原则:可操作性原则、灵敏性原则和科学性^[9,12]。

(1) 可操作性。所用的指标要有科学依据,同时要容易监测,计算简单,具有技术和经济可行性。这样的指标体系才有可能在实践中推广应用。

(2) 灵敏性。所建立的指标体系要能对不同健康状况的森林生态系统得到客观灵敏的评价结果。

(3) 科学性。在对森林健康稳定性的主导因子正确理解的基础上,利用森林健康指数和复合结构功能指标法构建的森林健康指标体系,能准确、灵敏的反应森林的健康状况,指导生产实践^[13,14]。

2 森林健康评价指标体系的理论基础

森林生态系统是一个复杂的生态系统,评价森林生态系统健康须从森林生态系统的结构和功能研究入手。生态系统健康的评价指标包括活力、恢复力、组织结构、维持生态系统服务、管理的选择、减少投入、对相邻系统的危害和人类健康影响等 8 个方面。将这些指标应用到自然系统、社会经济和人类健康等方面,进行生态系统健康的评价^[15-17]。这 8 个标准中最重要的是前 3 个方面。活力(Vigor)是指生态系统的能量输入和营养循环容量,具体指标为生态系统的初级生产力和物质循环。恢复力(Resilience)是指胁迫消失时,系统克服压力及反弹回复的容量。组织(Organization)是指系统的复杂性,会随生态系统的次生演替而发生变化和作用。

根据森林生态系统的特征和其服务功能建立指标体系,首先要选用能够表征森林生态系统主要特征的指标;其次要对这些特征进行归类分区,分析各个特征对生态健康的意义;再次是对这些特征因子进行度量,确定每个特征因子在森林生态系统健康中的权重系数,每类特征因子在森林生态系统健康中的比重;最后建立森林生态系统健康评价的指标体系,合理的指标体系既能反映森林生态系统的总体健康水平或服务功能水平,又能反映森林生态系统健康的变化趋势。

随着可持续发展战略的实施,健康的森林生态系统必将成为林业管理部门经营和管理森林的主要目标,有必要开展大量的相关研究,建立一套适用于我国的森林健康理论及评价体系,对我国森林生态系统进行健康评价,为经营和管理森林提供基础数据和决策依据^[18]。

3 森林健康评价指标体系的构建方法

本文采用复合结构功能法,选用生态系统健康评价 8 个指标中的前 3 个:活力、恢复力和组织结构,来构建森林生态系统的健康评价指标体系。

对于森林活力,可以用森林的净第一性生产力(NPP)、生物量以及新陈代谢等指标来度量其活力。NPP 主要是通过实验、调查方法,生物量主要通过调查和模型计算,而新陈代谢则可以通过生物学方法去度量。

组织结构是指系统的物种组成结构及其物种间的相互

关系,反映生态系统结构的复杂性。生态系统的组织结构包括两方面的含义,其一是生态系统的物种多样性,其二是生态系统的复杂性。物种多样性的含义既包括现存物种的数目,又包括物种的相对多度。

森林适应性包括恢复力和抵抗力,恢复力是指系统在外界压力消失的情况下逐步恢复的能力,而抵抗力是系统抵抗外力干扰的能力。直接测量恢复力和抵抗力比较困难。一般都要通过间接的方法来测定森林的抵抗力和恢复力。在森林健康评价中,可以选用研究区域内森林的病虫害程度或者森林火险等级来度量。

4 森林健康指标的评价方法

鉴于生态系统类型的多样性及复杂性,不同专业的生态学家提出了不同的评价模式,如采用 Constanza 等^[19]提出了一个基于系统层次的生态健康指数(Health Index, HI):

$$HI = V \times O \times R \quad (1)$$

式中:V——活力;O——自组织结构水平;R——系统恢复力。

本文主要应用下列公式,从权重的角度出发,来评价健康的状况。

$$U_i = \sum_{j=1}^n U_{ij} \cdot W_j \quad (2)$$

式中: U_i ——各小班森林健康的评价得分; U_{ij} ——各小班不同指标森林健康的等级得分; W_j ——j 指标的权重;i——各小班;j——森林健康评价指标。

5 实例分析

5.1 研究区概况

北京市八达岭林场位于北京西北部延庆县境内,距市区 60 km,在延庆和昌平两县交界处的万里长城主要关口——居庸关和八达岭之间,地处首都西北交通要道、京张公路和京包铁路的必经之地。中心地理坐标为东经 115°55',北纬 40°17';东北部毗邻延庆县,南接昌平区,西部与河北省怀来县接壤,面积 2 940 hm²,为中山地形区,平均海拔 780 m,多为阴坡和半阴坡,坡度多为 30°~35°。该地区为大陆季风气候,具有半湿润半干旱暖温带气候特点,年平均气温 10~18℃,无霜期约 160 d,年均降水量 454 mm,年平均相对湿度 56.2%,年平均风速 3.1 m/s。林场内灌木林地 1 003.5 hm²,阔叶林 360 hm²,针阔混交林 52.2 hm²,针叶树 1 478 hm²。

5.2 数据采集方法

结合中美合作八达岭森林健康项目,本研究采用标准地调查。首先,在八达岭林场的森林健康实验示范区内,对每个小班进行实地调查。然后,从中选取最具代表性的几个小班,进行森林健康评价指标的实例研究。在各小班内选择有代表性的典型地段设置标准地,标准地面积为 1 000 m²。

5.3 评价标准

采用评价指标分值法。对需要进行评价的林分以小班为单位按评价指标逐项计算指标分值,取值越大,健康程度越高(见表 1)。

表 1 森林健康等级划分

健康等级	1	2	3	4	5
1	<4.8分	4.8~5.0分	5.0~6.0分	6.0~7.0分	>7.0分

5.4 指标体系的建立

本项研究是八达岭森林健康研究的一部分,本文主要根据不同林分的生长状况、草本和灌木的生物多样性以及土壤

的物理性质等方面的研究,把林木的生长状况、有机质的含量、地类、土壤厚度以及灌木和草本的丰富度作为森林健康的评价指标,根据各项指标的可靠性,又考虑到指标的易操作性,建立了如表 2 所示的评价指标体系。

表 2 北京八达岭林区森林健康评价指标体系

指 标	标 准 级 别				
	差	良	中	/	/
生长状况					
有机质含量/(g·kg ⁻¹)	4.5~20	20~30	30~40	40~50	>50
地 类	荒山荒地、其它用地	疏林地	灌木林	针叶林、阔叶林	针阔混交林
土壤厚度/cm	10~20	20~40	40~60	60~80	80~120
灌木丰富度	0~3	3~6	6~9	9~12	12~15
草本丰富度	0~5	5~10	10~15	15~20	20~25

5.5 评价方法

应用公式对北京八达岭林项目区森林健康进行评价

$$U_i = \sum_{j=1}^n U_{ij} \cdot W_j \tag{2}$$

式中:U_i——各小班森林健康的评价得分;U_{ij}——各小班不

同指标森林健康的等级得分;W_j——j 指标的权重;i——各小班;j——森林健康评价指标。

各指标的权重为:生长状况(0.1)、有机质含量(0.2)、地类(0.1)、土壤厚度(0.2)、灌木丰富度(0.2)、草本丰富度(0.2)。两个定性的指标的权重低于几个量化指标。

5.6 评价结果

以以上的指标为依据,根据八达岭森林健康示范区的具体情况,对八达岭地区典型的小班进行健康评价,评价结果见表 3。

6 结论与讨论

(1) 森林健康评价指标的问题是森林健康研究的关键问题,构建了多项指标体系,本研究就这些体系中主要指标及关键因子结合野外调查来的具体数据进行了选择,提出了中小尺度下的可操作指标体系。但是由于森林健康评价是一个非常复杂的问题,利用简单的几个指标进行判断是必定存在问题的。

表 3 八达岭地区森林健康等级

小班号	海拔/m	地类	土壤厚度/cm	起源	优势树种	有机质/(g·kg ⁻¹)	生长状况	灌丰富度	草丰富度	火线等级	健康指数	健康状况
115	1100	阔叶林	80	天然林	椴树	42.680	良	8	10	2	7.00	良好健康
114	1200	阔叶林	80	天然林	椴树	51.850	良	12	8	3	7.80	优质健康
113	1100	灌木林地	20	天然林		18.850	良	5	9	3	4.00	不健康
111	1000	灌木林地	20	天然林		34.020	良	6	10	3	4.80	亚健康
110	1030	针阔混交林	80	天然林	华北落叶松	27.190	良	8	11	1	6.80	良好健康
98	935	针阔混交林	80	人工林	油松	23.090	良	7	7	1	6.40	良好健康
60	718	针叶林	50	人工林	油松	15.240	良	9	14	3	5.80	健康
64	750	针叶林	60	人工林	油松	25.530	差	7	15	3	5.60	健康
66	750	灌木林地	20	天然林		22.240	良	6	13	4	4.80	亚健康
54	730	灌木林地	20	天然林		25.740	良	6	8	4	4.40	不健康
52	750	阔叶林	60	天然林	刺槐	24.040	良	5	10	3	5.40	亚健康
49	616	针阔混交林	30	人工林	油松	7.710	差	10	10	3	5.00	亚健康
37	690	阔叶林	60	人工林	杨树	26.190	差	5	6	1	4.80	亚健康
38	630	针阔混交林	40	人工林	元宝枫	31.350	良	7	4	2	5.60	健康
69	880	荒山荒地	20			34.790	良	8	13	4	5.20	亚健康
46	680	疏林地	30	人工林	油松	36.170	差	7	6	3	4.80	亚健康
45	700	疏林地	20	人工林	油松	30.350	差	7	14	4	4.40	不健康
29	0	其他土地	100			35.500		0	0	4	4.80	亚健康
21	0	其他土地	100			23.290		9	6	5	5.60	健康

(2) 本研究利用评价森林健康状况的指标体系和评价方法,对北京市八达岭林场试验示范区进行了实例研究,从以上数据显示,八达岭地区天然林比人工林健康;天然林中,海拔高的地方比海拔低的地方森林健康,且阔叶林地和针阔混交林地比灌木林地健康;人工林中,针叶林和针阔混交林较

为健康。从整体上分析,八达岭地区的森林健康状况属于亚健康状态。结果表明该指标体系及评价方法能够比较客观地反应森林的健康状况,具有一定的科学性、客观性和可操作性;对地区性森林健康状况的评价具有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 陈高,代力民等.森林生态系统健康及其评估监测[J].应用生态学报,2002,13(5):605-610.
[2] Oszlanyi J. Forest health and environmental pollution in Slovakia[J]. Environ Poll,1997,98(3):389-392.
[3] Szepesi A. Forest health status in Hungary[J]. Environ Poll,1997,98(3):371-380.
[4] Alan A L. Criteria for success in managing forested landscapes[J]. Journal of Forestry,1994,7:20-24.
[5] Waring R H, W H Schlesinger. Forest Ecosystems: Concepts and Management[M]. Orlando: Acad Press,1985.
[6] 陈守常.森林健康理论与实践[J].四川林业科技,2005,26(6):14-16.
[7] 肖劲风,欧阳华,等.森林生态系统健康评价与方法[J].林业资源管理,2004,(1):27-30.
[8] 孔红梅,赵景柱,等.生态系统健康评价方法初探[J].应用生态学报,2002,13(4):486-490.
[9] Clark d a, Brown S, Klckl Igther D W, et al. Measuring net primary production in forests: Concepts and field methods [J]. Ecol Appl,2001,11(2):356-370.

资源的保护措施有限,管理机构力量薄弱,环境监测水平低,设施落后等。因此,可以考虑多渠道筹措资金,广辟投资渠道。一方面可在生态较稳定的保护区外围加强旅游基础设施建设,大力发展交通、通信、能源等基础设施建设,为游客提供方便舒适的衣、食、住、行等服务,为发展旅游打下良好的基础;另一方面,实行资金反馈,确保自然资源保护经费的持续稳定增长,做好生态核心区自然资源的有效保护,从而形成良性循环。

3.3 完善管理机制,提高管理质量

从百山祖自然保护区旅游资源的评价结果表明,旅游区工作人员管理水平的提高是迫切需要加强的方面。由于经济收入的有限,加上地处偏远山区,造成保护区难以吸引各方面人才,尤其是生态旅游管理及规划和经营的人才更是奇缺。据统计,保护区现有工作人员中文化程度本科以上学历仅占了7.3%,而初中以下达63.4%。但以资源保护、资源合理开发、经济利益等为目的保护区,旅游资源的开发是不能顺其自然的,应在科学论证和统一规划的基础上,建立健全各种规章制度和管理体制;同时加强保护区工作人员的专业教育和业务培训,使其了解保护区内自然环境、动植物类型特征、生物多样性等专业知识和相关保护法规等,以提高

管理队伍的素质;适当引进专业人才,聘请相关专家到保护区指导工作。完善的管理体制和优质的管理质量是切实做好旅游资源开发保护工作的保障,只有对保护区进行有效地科学管理,才能达到可持续发展。

3.4 发挥生态旅游的辐射作用,带动区域社会经济的发展,实现多赢

旅游业属“无烟工业”,但并非无污染工业。走持续发展道路,合理开发利用自然资源是自然保护区发展的经济基础^[12]。一方面应加强对区内自然资源的合理开发和保护,既要满足游客的多样化需求,又要最大限度地确保区内生态环境的稳定;另一方面要发挥自然保护区的资源优势,在不破坏自然资源和自然环境前提下,积极发展绿色食品种植业、养殖业、生态旅游和地方特色手工业等;与龙泉山、景宁畲乡等著名旅游区相联结,形成一条完整的游览线,实现资源引力共享,优势互补,树立“区域旅游”的大观念,不断提高自然保护区资源利用价值。发挥生态旅游的辐射作用,带动区域社会经济的发展,积累更多的资金用于自然保护区建设,逐步实现保护区自养。协调好社会、经济、自然资源与生态环境等各方面的综合问题,最终实现旅游业的可持续发展,实现多赢。

参考文献:

- [1] 浙江省凤阳山-百山祖国家级自然保护区工程建设总体规划[Z].浙江省林业勘察设计保护区管理处,1996,4.
- [2] Lindsey P A, Alexander R R, du Toit J T Mills M GL, The potential contribution of ecotourism to African wild dog *Lycaon pictus* conservation in South Africa[J]. *Biological Conservation*, 2005,123: 339 - 348.
- [3] 黄显勇,毛明海.运用层次分析法对水利旅游资源进行定量评价[J].浙江大学学报,2001,28(3):327 - 332.
- [4] 丽水市生态环境现状调查报告[R].丽水市环保局,2002.
- [5] Wunder S. Ecotourism and economic incentives - an empirical approach[J]. *Ecological Economics*, 2000,32: 465 - 479.
- [6] 百山祖国家级自然保护区生态旅游规划[Z].国家林业局华东设计院,2002.
- [7] 杨启帆,边馥萍.数学模型[M].杭州:浙江大学出版社,1990.
- [8] 郭来喜.中国旅游资源分类系统及其类型评价[J].地理学报,2000,55(3):294 - 301.
- [9] 李忠东,卢志明.地质遗迹与地质景观在亚丁旅游开发中的地位及其潜力评价[J].四川地质学报,2002,22(2):116 - 120.
- [10] 李双应,岳书仓,等.安徽省国家地质公园建设策略浅析[J].合肥工业大学学报(社会科学版),2002,16(2):52 - 55.
- [11] 李惠君,庄大昌.壶瓶山国家自然保护区旅游资源评价及开发利用[J].常德师范学院学报(社会科学版),2001,26(5):19 - 21.
- [12] Lai P H, Nepal S K. Local perspectives of ecotourism development in Tawushan Nature Reserve, Taiwan[J]. *Tourism Management*, 2006,27: 1117 - 1129.
- [13] 朱远军.龙门河国家森林公园旅游资源评价及其保护与管理对策[J].防护林科技,2006,70(1):39 - 41.
- [14] 张广胜,王心源,等.区域地质旅游资源评价与可持续发展对策研究[J].安徽师范大学学报,2006,29(3):290 - 293.

(上接第175页)

- [10] 曾志新,罗军,颜立红,等.生物多样性的评价指标和评价标准[J].湖南林业科技,1999,26(2):26 - 29.
- [11] 刘世荣.森林生物多样性监测评价指标系统构建[A].中国林学会森林生态分会.森林生态学论坛[C].北京:中国农业科技出版社,1999.222 - 228.
- [12] 减润国,朱春全,雷静品,等.可持续经营框架下阔叶红松林生物多样性间接评价体系的研究[J].生物多样性,1999,7(3):189 - 196.
- [13] 谷建才,陆贵巧,等.森林健康评价指标及应用研究[J].河北农业大学学报,2006,29(2):68 - 71.
- [14] 李金良,郑小贤.北京地区水源涵养林健康评价指标体系的探讨[J].林业资源管理,2004,(1):31 - 34.
- [15] Mageau M T, Costanza R, Ulanowicz R E. The development and initial testing of a quantitative assessment of ecosystem health[A]. In: Rapport D J, Calow P, Gauder C. Evaluating and Monitoring the Health of Large-scale Ecosystems [C]. New York: Springer - Verlag, 1995.
- [16] Rapport D J, et al. Evaluating landscape health: integrating societal goals and biophysical process[J]. *Journal of Environmental Management*, 1998,53:1 - 15.
- [17] 肖风劲,欧阳华.生态系统健康及其评价指标和方法[J].自然资源学报,2002,17(2):203 - 209.
- [18] 边博,程小娟.城市河流生态系统健康及其评价[J].环境评价,2006,(02B):66 - 69.
- [19] Costanza R, Norton B G, Haskell B D. Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management [M]. Washington DC: Island Press, 1992.