

永安市洪田村森林干扰现状及对策研究

胡丽秋, 邓华锋

(北京林业大学 林学院, 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 一个地区森林干扰现状可以作为该地区制定营林对策的重要依据。为了全面详细地了解洪田村森林干扰的现状, 建立由洪田村历史上主要的森林干扰方式构建的森林干扰体系, 用层次分析法得到了这些干扰方式的权重。在分析这些干扰方式的实际影响之后, 对干扰方式的增益性和破坏性进行判定, 重新得到洪田村各干扰方式排序为: 采伐干扰 $| -0.4004 |$ > 抚育干扰 $| +0.2024 |$ > 人工更新干扰 $| +0.1323 |$ > 非计划造林干扰 $| -0.0812 |$ > 道路修筑等干扰 $| -0.0711 |$ > 人为火干扰 $| -0.0521 |$ > 外来物种引植干扰 $| -0.0316 |$ > 冻害干扰 $| -0.0134 |$ > 动物啃食干扰 $| -0.0077 |$ = 其他非经营干扰 $| 0.0077 |$ 。可以更直观地表明该村各干扰方式的重要程度及其效益。针对干扰方式的现状和影响, 参照近自然林理论和生态学的相关理论, 有重点有层次地提出了相关的营林建议。

关键词: 森林经理; 森林干扰; 层次分析法; 权重; 对策

中图分类号: S757.2 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)06-1199-07

A Review on the Current Forest Disturbance of Hong Tamura in Yong'an District and Countermeasures

HU Li-qiu, DENG Hua-feng

(College of Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: To describe the current forest disturbance of Hong Tamura comprehensively, the forest interference system of Hong Tamura which was established by the major forest disturbance in the history of Hong Tamura was built, the weight of these disturbances was obtained by using the analytic hierarchy process. Based on analyzing the actual impact of these disturbances, the new weight was obtained after gainful or destructive judgment. The order was as follows: harvesting disturbance $0.4004 >$ tending disturbance $0.2024 >$ manual renewal disturbance $0.1323 >$ non-planned forestation disturbance $0.0812 >$ development and utilization disturbance $0.0711 >$ artificial fire disturbance $0.0521 >$ alien species disturbance $0.0316 >$ frostbite disturbance $0.0134 >$ other non-operating disturbance $0.0077 =$ animal grazing disturbance 0.0077 . Thus, the weights and benefits could be shown at the same time. According to the relationship between natural disturbance and human interference, as well as near-natural forests in theory, some measures for the status and impact of these disturbances are put forward emphatically and hierarchically.

Key words: forest management; forest disturbance; analytic hierarchy process; weight; countermeasures

收稿日期: 2012-05-36 修回日期: 2012-10-10

基金项目: 国家林业局林业公益性行业科研专项(201004008)

作者简介: 胡丽秋(1988—), 女, 硕士生, 主要从事森林可持续经营研究, E-mail: huliqiu880719@sohu.com; * 通讯作者: 邓华锋, 副教授, 硕士生导师, E-mail: denghuafeng@bjfu.edu.cn。

森林经理自其创始以来特别是近年来不断强调森林应该可持续经营,这与森林生态学的理论不谋而合。不少学者已经开始将生态学与森林经理相结合期待有新的突破。对于人类的生产活动,一般不称之为干扰。因为在人们的印象中干扰总是与破坏联系在一起,但是对于自然生态系统来说,人类的一切活动均是干扰^[1]。森林经营管理是通过对森林资源综合、有效的管理,实现对森林生态系统的培育、修复、重建和维护,达到森林可持续经营的目标^[2-3],因此森林经理对森林生态系统来讲是一种人为的经营性干扰。以往对人为干扰的研究表明,人为干扰既可以是增益性的也可以是破坏性的。

南方集体林区自 2003 年实施林政改革之后,林农的积极性得到了提高,林分的经营有了更庞大的参与体系,林分的经营活动也更加频繁,这是否对森林的可持续发展还是个未知数,而森林经理的宏观调控作用决定了最先应该从整体上把握动向。鉴于此将社区参与的林区森林干扰就是否为人为经营划分成经营性干扰和非经营性干扰,之后作为一个体系来研究,针对影响较大的干扰项进行利弊分析并提出对策,对现实林分的经营会有积极的意义。本研究选取中国林改第一村——福建省永安市洪田村作为研究区,意在通过对该地区干扰现状的详细了解分析,在分析干扰现状和影响的基础上,参照干扰生态学中关于自然干扰模拟的理论^[4-5];森林生态采伐理论^[6-7],以及近自然林经营的理论^[8-9]提出适当的对策,使得该村的干扰效益呈现增益性或者破坏性减弱,对该林区的发展研究有借鉴和指导性的作用,最终实现森林可持续经营。

1 研究区概况

洪田村坐落于洪田镇上,位于福建省永安市西南部,距离永安市区 20 km,总人口 877 人,现有土地面积 1 547.87 ha,耕地面积 66.73 ha,林业用地面积 1 260.53 ha。林业是当地许多农户的主要收入来源。该地区属于典型的亚热带季风山地气候,雨量充沛,日照时间长,霜期短,热量资源充足。四季分明,夏长冬短,气候温暖湿润,年均气温 16.8 °C,最高气温 40.1 °C(2003 年 8 月 2 日),最低气温 -5.6 °C(1999 年 12 月 23 日)。无霜期 301 d,年均日照 1 766.1 h,年均降雨日数 150 d,适于常绿阔叶林等亚热带林木的生长。低山的风化壳比较深,土壤砂性强,土层深厚,水湿条件优越,植被覆盖率达 89.1%,森林茂密,是毛竹、杉木等用材林生产基地,天然林内物种丰富。当地的顶级植物群落是常绿阔叶林,多为壳斗科、樟科等,也有不少珍贵的物种。

2 材料与方法

2.1 数据来源

利用 spot5 等遥感图像数据,结合实地情况的调差,从整体到局部进行了林班的确认和林内基本情况的调查记录。对洪田村所拥有的两个林班 40 个大班 257 个小班的森林进行统一的调查:对每个小班所处的位置,干扰的基本情况进行判定(表 1),小班内设置 3~5 个样点,对样点范围林木的树种、株数、平均高、平均胸径、郁闭度、林下植被情况、健康状况等信息进行详尽的调查。

表 1 洪田村森林干扰概况

Tab. 1 Hong Tamura forest disturbance overview

干扰方式 Disturbance	影响范围 Influence range			协同效应 Synergies		特殊性 Particularity	有无周期 Cycle or not	稳定性 Stability
	小班个数	总面积/hm ²	是否连片	已发生	潜在			
采伐 Harvesting	21	75.87	部分连片	否	是	普遍	无明显周期	稳定
抚育 Tending	184	501.40	部分连片	否	否	普遍	定期	稳定
计划更新 Planned update	47	163.80	部分连片	否	是	普遍	无明显周期	稳定
外来物种引种 Alien species cited plant	13	38.13	部分连片	是	是	特殊	无明显周期	缩减
非计划造林 Non-planned forestation	7	1.20	间断	否	是	特殊	定期	扩张
人为火 Artificial fire	21	75.87	部分连片	否	是	普遍	定期	稳定
开发利用 Development and utilization	不计	45.40	连片	否	是	特殊	无明显周期	不确定
冻害 Frostbite	13	38.13	部分连片	否	是	特殊	无明显周期	稳定
动物啃食 Animal grazing	15	50.73	部分连片	否	是	普遍	固定季节	不确定
其他非经营 The other non-operating	56	420.33	连片	否	否	普遍	无明显周期	不确定

2.2 研究方法

2.2.1 森林干扰方式权重的计算 层次分析法(AHP)是一种多层次权重分析决策方法。将复杂的问题有意识的分成若干层,逐层分析比较,是一种比较科学的定性和定量相结合的分析方法。在对目标层组分进行划分建模之后,对各层的组分进行比对分析,建立判断矩阵,求得各成分的相对权重,最后进行一致性检验判定相对权重的可靠性^[10-14]。

洪田村的森林干扰体系中,约束层包含经营性干扰和非经营性干扰两类。在这两项下又选取了采伐干扰、抚育干扰、计划更新干扰、外来物种引植干扰、非计划造林干扰、人为火干扰、道路修筑等干扰、常见自然干扰、动物啃食干扰及其他干扰 10 项指标构建出该地区的森林干扰体系(图 1)。

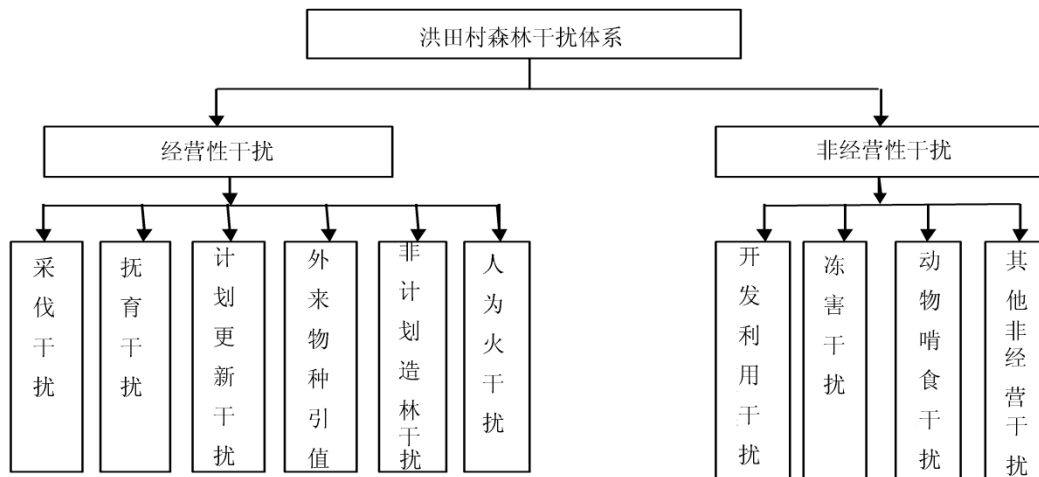


图 1 洪田村森林干扰体系

Fig. 1 Hung Tamura forest disturbance regimes

(1) 干扰体系的建立。

(2) 各项干扰权重的确定。采用专家打分法,对同一层内的指标项进行两两比较,所得的值构成判断矩阵,如 A - B 矩阵如下:

$$A - B = \begin{bmatrix} x_1x_1 & x_1x_2 \\ x_2x_1 & x_2x_2 \end{bmatrix} \tag{1}$$

求得该矩阵的最大特征值 λ_{max} 和对应的特征向量,所求得特征向量即为评价因素的权数分配。

(3) 一致性检验。一致性检验是通过计算判断矩阵的随机一致性比率(CR)来判断矩阵是否具有一致性的方法。

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{2}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{3}$$

式①中: n 为判断矩阵的阶数。

式②中: RI 为判断矩阵的平均一致性指标。可以从一致性指标表中查得。

当 $CR < 0.1$ 则说明判断矩阵具有满意的一致性,则说明权重分配是合理的。如果不是,则说明判断矩阵应该调整、修改其中的值,直到满足条件为止。

2.2.2 森林干扰重要性值 W 计算 对于营林来讲,最直观的效益就是其蓄积量的增加。对于森林的生态效益来讲,以往研究表明:随着林分郁闭度的增加,水土保持和水源涵养等一系列功能会随之提升,而营林适宜的林分郁闭度为 0.6 ~ 0.8^[15],因此可以从干扰方式对林分的蓄积量和郁闭度的影响来反映该干扰方式是增益性还是破坏性的^[16-17]。对洪田村 2011 年各小班的林分调查统计结果参照 2006 年调查统计结果进行对比,得出各干扰方式 5 年内的整体效益评估。增益性为正,破坏性为负。

$$W_i = \begin{bmatrix} +w_i, \text{干扰效益为增益性} \\ -w_i, \text{干扰效益为破坏性} \end{bmatrix} \tag{4}$$

3 结果分析

3.1 洪田村森林干扰方式的权重

针对洪田村的实地情况 根据各项干扰其影响范围和影响强度的现状确定两两之间的重要性程度。通过判断约束层的两者之间的重要程度 计算目标层下的约束层两个因素的权重。

表 2 要素层的权重

Tab.2 Feature layer weights

洪田村森林干扰体系 The forest interference system	经营性干扰 Operating	非经营性干扰 Non - operating	W_i
经营性干扰 Operating	1.000 0	9.000 0	0.900 0
非经营性干扰 Non-operating	0.111 1	1.000 0	0.100 0

表 3 经营性干扰的权重计算

Tab.3 Operating interference weight computation

经营性干扰 Operating disturbance	采伐 Harvesting	抚育 Tending	计划更新 Planned update	外来物种引种 Alien species cited plant	非计划造林 Non-planned forestation	人为火 Artificial fire	W_i
采伐	1.000 0	3.000 0	4.000 0	8.000 0	5.000 0	6.000 0	0.444 9
抚育	0.333 3	1.000 0	2.000 0	6.000 0	3.000 0	4.000 0	0.224 9
计划更新	0.250 0	0.5000 0	1.000 0	5.000 0	2.000 0	3.000 0	0.147 0
外来物种引种	0.125 0	0.166 7	0.200 0	1.000 0	0.333 3	0.500 0	0.035 1
非计划造林	0.200 0	0.333 3	0.500 0	3.000 0	1.000 0	2.000 0	0.090 2
人为火	0.166 7	0.250 0	0.333 3	2.000 0	0.500 0	1.000 0	0.057 3

表 4 非经营性干扰权重计算

Tab.4 Non-operating interference weight calculation

非经营性干扰 Non-operating disturbance	道路修筑等 Construction of roads	冻害 Frostbite	动物啃食 Animal grazing	其他非经营 The other non-operating	W_i
开发利用 Development and utilization	1.000 0	7.000 0	8.000 0	8.000 0	0.711 1
冻害 Frostbite	0.142 9	1.000 0	2.000 0	2.000 0	0.134 4
动物啃食 Animal grazing	0.125 0	0.500 0	1.000 0	1.000 0	0.073 3
其他非经营 The other non-operating	0.125 0	0.500 0	1.000 0	1.000 0	0.073 3

从表 2 中可以得知 ,对洪田村影响较大的干扰是经营性的干扰。从表 3 得知: 在经营性干扰体系中 ,采伐干扰、抚育干扰和计划更新干扰这 3 种干扰方式的比重总和已经达到近 82% ,是经营性干扰作用比较显著的 3 种干扰方式。从表 5 中可以看出: 在洪田村森林干扰体系中 ,采伐干扰、抚育干扰、计划更新干扰、非计划造林干扰、道路修筑及开发干扰等已经占到相当大的比例。从表 4 中可以看出 ,非经营性干扰中

表 5 洪田村主要森林干扰方式的权重分配

Tab.5 Major forest disturbances weight distribution table of Hong Tamura

干扰项 Disturbance	权重 Weights
采伐 Harvesting	0.400 4
抚育 Tending	0.202 4
计划更新 Planned update	0.132 3
非计划造林 Non-planned forestation	0.081 2
开发利用 Development and utilization	0.071 1
人为火 Artificial fire	0.052 1
外来物种引种 Alien species cited plant	0.031 6
冻害 Frostbite	0.013 4
动物啃食 Animal grazing	0.007 7
其他非经营 The other non-operating	0.007 7
总计 Total	1.000 0

影响最大的是开发利用干扰,也是一种人为活动干扰。由于道路修建等一系列开发工程征占林地是政策问题,是改善民生的基础建设,有利于当地的林业持续发展,在干扰强度和范围较小的情况下是可以接受的。则洪田村森林系统干扰压力主要来自于采伐干扰和抚育干扰等一系列经营性的干扰项。

3.2 一致性检验

判断矩阵的一致性检验。

表6 判断矩阵一致性检验结果

Tab.6 Consistency of judgment matrix test results

判断矩阵 Judgment matrix	λ_{\max}	CI	CR
约束层 Constrained layer	2.000 0	0.000 0	0.000 0 < 0.1
经营性干扰 Operating disturbance	6.144 8	0.024 1	0.023 0 < 0.1
非经营性干扰 Non-operating disturbance	4.039 3	0.009 8	0.014 7 < 0.1

因此上述3个判断矩阵均具有满意的一致性,权重分配合理。表明最终的权重计算结果可以接受。

3.3 干扰效益评估

选用了与营林最相关的蓄积和与生态效益相关的郁闭度,作为简单判定干扰对林分效益的指标,得到结果如下:

表7 洪田村干扰效益判定表

Tab.7 The benefit judgment table of Hong Tamura

干扰方式 Disturbance	对林分蓄积的影响 The impact of forest reserves		对林分郁闭度的影响 The influence of stand canopy density		判定 Determination	
	增加	消耗	增加	消耗	增益性	破坏性
	采伐 Harvesting	0	1	0	1	0
抚育 Tending	1	0	0	1	1	0
计划更新 Planned update	1	0			1	0
外来物种引种 Alien species cited plant					0	1
非计划造林 Non-planned forestation	0	1	0	1	0	1
人为火 Artificial fire					0	1
开发利用 Development and utilization	0	1	0	1	0	1
冻害 Frostbite	0	1	0	1	0	1
动物啃食 Animal grazing	0	1	0	1	0	1
其他非经营 The other non-operating						

0:表示否定,1表示肯定。无表示不能用这种方法判定。

“0”means negative, “1”means sure, “No”means it can't decide by the method.

其他3种干扰方式根据其影响对其效益判定如下:

(1) 外来物种的引种干扰。桉树类原产地是澳大利亚,因其生长速度快,市场开阔,后逐渐被引植到世界各地。福建近年来也是桉树的主要木材源地之一。桉树是速生丰产林,但是对土壤的水分需求极大,对土壤的肥料和养分需求极大,凡种植了桉树的土地,肥力下降乃至枯竭,需要大量的肥力补给。而原始植被因为得不到足够的肥料和养分而受到严重破坏,引发土地退化,水土保持情况恶化,土地贫瘠,到时再引种其他植物根本无法存活。之前的种植使人们意识到上述危害,在洪田村,桉树的种植面积已经由2006年的53.47 hm²减少至2011年的38.13 hm²。所以干扰方式为破坏性干扰。

(2) 人为火干扰(炼山)。炼山是一种古老的林地清理方式,因其费用低廉,焚烧后的营养供给下一代林木的生长,因而被保留延续至今。在洪田村这种方式多在新采伐后的山坡上进行,基本年年都会进行,已经形成了一套较为严格、完善的操作体系。但同时潜藏了极大的隐患:炼山后的土壤的有益微生物多被杀死,表面地被物基本不存在,增加了雨水对地面的直接冲击,同时还会向空气中散发了大量的碳氧化合物、硫氧化合物等有害气体。从长远发展来看,属于破坏性干扰。

(3) 其他非经营性干扰。此外,其他自然干扰、矿产的开采、林下菌类的采摘等对林分的生长或多或少都会产生一定的影响。影响不强烈,可以被系统自己消耗。

3.4 干扰方式重要性的确定

结合已经得到的洪田村森林干扰的权重值和干扰方式的效益,干扰的重要性如下:

该组数据就能直观清晰地表明洪田村内各森林干扰方式的重要程度及其效益,能为后期营林分重点地改善或者利用这些干扰方式提供直接的数据支撑。

3.5 干扰对策

在对该村的干扰基本情况得到整体上把握之后,就可以有目标有重点地进行对应的营林措施做出调整。虽然前 3 种比例较大的干扰方式中,抚育干扰和计划更新干扰的效益评价整体上为增益性,但是不

代表所有的方式都是最合理的,在调查了具体情况之后,发现也需要进行适当的调整。

表 8 洪田村森林干扰方式重要性一览表

Tab. 8 The list of the forest interfere importance of Hung Tamura

干扰项 Disturbance	权重 Weights
采伐 Harvesting	-0.400 4
抚育 Tending	+0.202 4
计划更新 Planed update	+0.132 3
非计划造林 Non-planned forestation	-0.081 2
开发利用 Development and utilization	-0.071 1
人为火 Artificial fire	-0.052 1
外来物种引种 Alien species cited plant	-0.031 6
冻害 Frostbite	-0.013 4
动物啃食 Animal grazing	-0.007 7
其他非经营 The other non-operating	0.007 7
总计 Total	11.000 01

表 9 3 种主要干扰方式影响及对策分析

Tab. 9 The three main disturbances influence and countermeasures analysis

干扰方式 Disturbance	对林分的影响 Impact on the stands	对策 Countermeasure
采伐 Harvesting	本村森林最主要的干扰方式。林分水平上采用大面积皆伐,大面积的地面裸露,不利于水土保持。2006 年全村的森林总蓄积 123 111 m ³ ,11 年该村的森林总蓄积为 108 144 m ³ 。	模仿自然干扰选择采伐木、培养木和其他保留木;也即用择伐或渐伐代替皆伐,既能收获林木,又可以保持林地植被的连续覆盖。
抚育 Tending	在本村的干扰系统中占相当大比例。中幼林中的作用是促进,如图 1 中,11 年的林分中幼林生长水平较高。但是后期林分的生产力水平却不高。	地被物不能完全清理,增加系统中物质的回流。天然林里面增加目标树种的比例。
计划更新 Planed update	伐后的迹地上人为更新,连续采用同种树种更新,林地的生产力降低。	更新的树种与前一个世代不同,或者采用混交种植。

对洪田村各种干扰方式对林分的影响进行了分析,在参照干扰生态学中关于自然干扰模拟的理论、森林生态采伐理论以及近自然林经营的理论,对该村主要的 3 种干扰方式提出了以下的营林对策:

此外,干扰的特点决定了我们要把研究区的干扰项视为一个整体,除了上述几种权重较大的干扰方式需要重点对待之外,其他干扰的影响也不能忽视。

4 结 论

基于研究地区遥感数据、实地调查的基本数据(二类调查)与实地踏查相结合,对该村现有干扰方式的判定、记录结合林分经营历史,应用层次分析法将复杂的问题分层处理建立洪田村森林干扰体系模型,并参照各干扰方式的现实影响对权重进行正负值的修正,对权重值进行正负值的添加,正值表示该干扰方式为增益性,负值表示该干扰方式为破坏性干扰。得到洪田村森林各干扰方式比重的排序如下:采伐干扰|-0.400 4| > 抚育干扰|+0.202 4| > 人工更新干扰|+0.132 3| > 非计划造林干扰|-0.081 2| > 道路修筑等干扰|-0.071 1| > 人为火干扰|-0.052 1| > 外来物种引植干扰|-0.031 6| > 冻害干扰|-0.013 4| > 动物啃食干扰|-0.007 7| = 其他非经营干扰|0.007 7|。

表 10 其他几种干扰方式的影响及对策
 Tab. 10 Influence and countermeasures of the other disturbances

干扰方式 Disturbance	对林分的影响 Impact on the stands	对策 Countermeasure
非计划造林 Non-planned forestation	主要是指在天然林里面人为种植毛竹,并逐年扩张。不加控制将对阔叶林的存在造成很大的威胁。	阻止该现象的进一步发展。重新规划适宜毛竹发展的地段。
开发利用 Development and utilization	修筑道路和开发造成的林业用地转变为非林业用地,属于不可恢复性的干扰方式。	控制在对环境压力不大的范围内。
外来物种引种 Alien species cited plant	主要是桉树的引植,不适宜当地的条件,所幸种植面积已经减少	引种之前做好适应性测试,或者选取有利于改善环境的树种
冻害 Frostbite	本村地势优越,风、火、病虫害等干扰基本没有危害。只有 2008 年的冻害对毛竹林和桉树林带来了极大的危害。	选择适生树种如乡土树种,或者根据对自然条件的检测的结果提前做好准备。
动物啃食 Animal grazing	在杉木幼龄林中存在,主要是松鼠造成的。	减少人为对马尾松的破坏,恢复松鼠的生物链。
其他干扰 Other interference	除上述干扰外,其他对林分有影响的小尺度干扰:复合农林、林下菌类采摘等。小尺度干扰,影响不大或者恢复期不长。	

林改后,森林经营的单位面积更小,人为经营措施对森林发展的影响远高于非经营措施的影响,但是不适当经营措施对森林的健康发展不利,因此先进的森林经营技术不仅要考虑到森林收获的长期性,更不能忽略森林健康发展的长远需求。

参考文献:

- [1]陈利顶,傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态学意义[J]. 生态学报, 2000, 20(4): 581-586.
- [2]郭晋平,马大华. 森林经理学原理[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 37-69.
- [3]蒋有绪. 国际森林可持续经营的标准与指标体系研制进展[J]. 世界林业研究, 2000, 10(2): 9-14.
- [4]王成. 从自然干扰看人类干扰的合理性[J]. 吉林林学院学报, 1998, 14(4): 223-227.
- [5]于立忠,朱教君,赵风军,等. 干扰与森林经营管理[C]. 第十届中国科协年会论文集(二), 2008: 1848-1852.
- [6]张会儒,唐守正. 森林生态采伐理论[J]. 林业科学, 2008, 44(10): 127-131.
- [7]张会儒,汤孟平,舒清杰. 森林生态采伐的理论与实践[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [8]朱教君. 次生林经营基础研究进展[J]. 应用生态学报, 2002, 13(12): 1689-1694.
- [9]刘建军,雷瑞德,陈存根,等. 近自然可持续发展的森林经营理论与秦岭林区森林经营对策[J]. 西北林学院学报, 1996, 11(增): 163-169.
- [10]张敏,黄国胜,王雪军. 应用层次分析方法进行森林自然性评价的探讨[J]. 林业资源管理, 2004, 6(3): 25-28.
- [11]赵焕臣,许树柏,和金生. 层次分析法[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [12]唐宪,李际平,胡小飞. 森林生态系统中人为干扰影响指标的研究[J]. 湖南林业科技, 2010, 37(2): 43-47.
- [13]王永昌,杨仁斌,李林,等. 基于层次分析法的壶瓶山森林旅游资源评价与可持续发展对策[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2009, 12(6): 689-693.
- [14]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: 理学版, 2001, 28(3): 327-332.
- [15]赖光辉. 基于 3S 技术适宜林分郁闭度研究[D]. 福建农林大学, 2009.
- [16]朱教君,刘生根. 森林干扰生态研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1703-1710.
- [17]朱教君,刘世荣. 森林生态研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.