

小陇山林区天然林林种结构优化决策研究

张丛珊¹, 王得祥^{1*}, 刘文桢², 柴宗政¹

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 甘肃省小陇山林业科学研究所, 甘肃 天水 741022)

摘要:选用坡度、坡向、植被盖度、裸岩率和农田分布特点 5 个主要指标划分小陇山林区天然林生态脆弱性等级, 基于林种分布区域的生态脆弱性强弱, 运用 AHP 结构层次分析法确定小陇山天然林林种优化方案。结果表明: 小陇山天然林分布地段生态脆弱性强, 现有林种一般脆弱(一级)等级面积占天然林总面积的 5.12%, 比较脆弱(二级)占 24.62%, 非常脆弱(三级)占 43.35%, 极端脆弱(四级)占 26.90%; 优化调整结果确定了小陇山天然林适宜发展的林种结构为水源涵养林 49.10%、水土保持林 14.65%、自然保护林 18.60%、风景林 8.66%、商品林 8.99%; 对各林种在生态脆弱等级中的分布结构做出科学规划, 即降低水源涵养林和水土保持林在各等级中所占面积比例, 提高商品林、自然保护林和风景林的分布比例, 其目的为该地区森林分类经营的实施和天然林保护提供科学依据。

关键词:天然林; 林种结构; 层次分析法; 小陇山

中图分类号:S750 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2015)01-0026-07

Optimization of Species Structure of Natural Forest in Xiaolongshan

ZHANG Cong-shan¹, WANG De-xiang^{1*}, LIU Wen-zhen², CHAI Zong-zheng¹

(1. College of Forestry, Northwest A&Y University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Xiaolongshan Forestry Science and Technology Research Institute, Tianshui, Gansu 741022, China)

Abstract: Five main indicators, including slope, aspect, vegetation coverage, bare rock ratio and farmland distribution were adopted to rate the levels of ecological fragility of the natural forests occurring in Xiaolongshan. Based on the ecological fragility strengths of different forest types, analytic hierarchy process (AHP) was used to determine the suitable optimization program of natural forest types. The results showed that the natural forest in Xiaolongshan was ecologically fragile. The areas of ecologically fragile natural forests for level one (general fragile), two (relatively fragile), three (very fragile), and four (extremely fragile) accounted for 5.12%, 24.62%, 43.35% and 26.90% of the total natural forest area, respectively. The results of optimization indicated that the proportions of the forests with different functions were as follows: 49.10% for water conservation forest, 14.65% for soil conservation forest, 18.60% for natural conservation forests, 8.66% for scenic forests, and 8.99% for commercial forests, respectively. It was suggested that the scientific planning should be carried out on the distribution structure of each forest type based on its contribution to ecologically fragile level, namely to reduce the ratio of water conservation forest and soil conservation forest in each ecological fragile level, to improve the proportion of the other three forest types. The study would provide scientific basis for the implementation and operation of forest classified management and protection of natural forest.

Key words: natural forest; structure of forest type; analytic hierarchy process; Xiaolongshan

收稿日期: 2014-03-22 修回日期: 2014-07-24

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201204504)。

作者简介: 张丛珊, 女, 硕士研究生, 研究方向: 森林可持续经营与评价。E-mail: linda_zcs@163.com

* 通信作者: 王得祥, 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 森林生态与森林可持续经营。E-mail: wangdx66@126.com

甘肃小陇山林区是兼有我国南北气候特点的典型天然次生林区,是全国天然林保护工程重点实施区,在维持区域生态平衡、生物多样性保护、改善生态环境、提高区域生态安全、保障社会经济的可持续发展等方面发挥重要作用^[1]。众多研究及实践表明,分类经营对于森林资源的科学管理与经营提供了一种可行的模式。森林分类经营管理就是根据森林的经营目的和主导利用不同,将森林划分为公益林和商品林两大类,并实行相应的经营管理措施,以实现森林可持续经营的目的。优化林种结构,是实施科学分类经营林业,建设“两高一优”林业的基础,是科学编制林业发展规划,制定正确的产业、技术、流通等一系列经济政策的依据,对林业发展具有重要意义^[2]。因而,森林分类经营首先要解决林种结构配置的问题。

小陇山林区天然林现有林种包括水源涵养林、水土保持林、风景林、自然保护林、商品林 5 类,划分类别较少,其中 5 类林种结构所占比例均不合理,主要表现在水源涵养林比重过大,占 74.12%,自然保护林、风景林与商品林的比重过小,尤其是商品林所占比例仅为 0.99%,严重影响人们生活、生产所需林木产品的输出,降低森林资源的经济价值。林种结构的合理分配对森林生态系统功能的发挥具有重要意义,因而亟需对小陇山天然林林种结构进行优化决策研究。目前,小陇山林区天然林的研究多集中于物种多样性、天然林结构特征、种群动态、空间分布格局分析等^[1,3-5],缺乏对该地区林种结构优化、决策的研究,因而分析现有林种结构存在的问题,并进而研究林种布局结构,明确调整的目标林种结构是迫切需要解决的问题。

本研究通过对小陇山林区 21 个林场二类调查数据研究分析,选用坡度、坡向、植被盖度、裸岩率和农田分布特点 5 个主要指标对小陇山林区生态脆弱性进行评价,应用层次分析法提出合理的林种结构优化方案,为小陇山林区天然林的分类经营与管理奠定基础,使小陇山林区天然林资源实现生态、社会及经济效益的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 研究地自然概况

小陇山林区位于甘肃省东南部,地处我国南北气候的交汇处,属亚热带北缘暖温带山地半湿润气候区,盛行大陆性季风气候。年平均气温 7~12℃,最高气温 39.2℃,最低气温 -23.2℃。无霜期 185 d,年平均降水 550 mm,50%~60%的降水集中在

7、8、9 月,相对湿度 69%。小陇山林区的植物资源属中国—日本植物亚区,华北植物地区,黄土高原植物亚地区,区系组成具有明显的温带属性,有苔藓、蕨类、裸子、被子植物 224 科,945 属,近 2 700 种。小陇山天然林面积为 446 275.6 hm²,占有林地面积的 68.34%。林分各龄组中幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林分别占天然林面积的 9.17%、45.42%、20.81%、1.85%、0.43%。天然林分布于甘肃小陇山 21 个林场,其中党川、李子、百花、观音林场所占面积较大。在天然林林区中优势树种主要有锐齿栎(*Quercus aliena* var. *acutiserrata*)、辽东栎(*Quercus liaotungensis*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、漆树(*Toxicodendron verniciflnum*)、山杨(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、红桦(*Betula albo-sinensis*)、栎木(*Swida macrophylla*)、秦岭白腊(*Fraxinus paxiana*)等落叶树种;华山松(*Pinus armandii*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、白皮松(*Pinus bungeana*)、云杉(*Picea asperata*)、冷杉(*Abies fabri*)等常绿树种。林特产品资源丰富,有板栗(*Castanea mollissima*)、核桃(*Juglans regia*)、天麻(*Gastrodia elata*)、党参(*Codonopsis pilosula*)、黄芪(*Astragalus membranaceus*)、五味子(*Schisandra chinensis*)、杜仲(*Eurocommia ulmoides*)等。森林土壤以山地棕色土和山地褐色土为主,垂直带谱为褐色土、棕壤、灰棕壤、亚高山地草甸土。

1.2 研究方法

生态脆弱性是指森林生态系统一经破坏后就难以恢复良性生态环境的地段以及生态环境极易因自然条件改变而造成偶发或多发性自然灾害的地段^[6],其体现生态系统的稳定性、生态弹性力、生态承载能力等特点^[7]。不同学者针对所研究的对象建立了不同的生态脆弱性评价指标体系^[8-11],在分类经营中选用衡量某一具体地段的生态脆弱程度的指标有坡度、海拔、植被盖度、土壤厚度、土壤质地、农田牧场分布特点等^[6]。本研究选用坡度、坡向、植被盖度、裸岩率、农田分布特点 5 个指标作为分析小陇山天然林生态脆弱性的主要指标,并将其划分为 4 个等级:一般脆弱(一级)、比较脆弱(二级)、非常脆弱(三级)和极端脆弱(四级)4 个等级,从而分析小陇山天然林适宜的林种比例。

依据生态脆弱性的指标划分,运用 AHP 结构层次分析法,结合小陇山现有的林种组成,确定小陇山林区较为合理的林种结构比例。层次分析法是一种定性与定量相结合的系统分析方法。其主要思路

是构建一个递阶层次结构,在设定标度的原则下确定相关因素的权重,通过一致性检验,进行子目标下因素的排序汇总,从而得出总排序。采用较广泛的标度是 1~9 标度,其赋值意义为:1、3、5、7、9 分别表示 2 个因素相比下,一个因素比另一个因素的重要性是同等重要、稍微重要、明显重要、很重要、绝对重要;2、4、6、8 为 2 相邻数值判断的中指。 CI 为检验矩阵一致性的指标, CI 值越大,矩阵的一致性就越差。 RI 为平均随机一致性指标,当阶数 >2 时,以矩阵随机一致性比例 CR 值为准则。若 $CR <$

0.10,则判断矩阵具有满意的一致性, $CR > 0.10$,则判断矩阵需要调整^[12-13]。

2 结果与分析

2.1 生态脆弱性划分

以甘肃小陇山林区二类调查数据为基础资料,参考《甘肃省森林资源规划设计调查技术操作细则》,结合小陇山林区实际状况,选用坡度、坡向、植被盖度、裸岩率、农田分布 5 个主要分析指标,评价小陇山天然林生态脆弱性(表 1、表 2)。

表 1 小陇山生态脆弱性等级划分

Table 1 Ecological frangibility classification in Xiaolongshan

| 因子 | 生态脆弱性等级 | | | |
|--------|-------------------|------------------------------------|---|-----------|
| | 一级 | 二级 | 三级 | 四级 |
| 坡度、坡向 | <35°阴坡 <35°半阴坡 | 36°~40°阴坡 <36°半阳坡 36°~40°半阴坡 | ≤44°阳坡 41°~44°阴坡 36°~44°半阳坡 41°~44°半阴坡 | >45° |
| 盖度 | >0.8 | 0.6~0.8 | 0.4~0.5 | ≤0.3 |
| 裸岩率 | ≤5% | 6%~10% | 11%~15% | >15% |
| 农田分布特点 | 零星分布 | 面积较大、交错分布 | 面积大、相对连片 | 面积很大、集中连片 |

表 2 小陇山天然林各生态脆弱性等级面积分布

Table 2 Natural forest area distribution of each level of ecological frangibility in Xiaolongshan

| 等级 | 一级 | 二级 | 三级 | 四级 | 合计 |
|--------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 面积/hm ² | 22 854. 40 | 109 894. 80 | 193 461. 60 | 120 064. 80 | 446 275. 60 |
| 比例/% | 5. 12 | 24. 62 | 43. 35 | 26. 90 | 100. 00 |

由表 2 知,小陇山生态脆弱性为一般脆弱性等级的面积占天然林总面积的 5.12%,比较脆弱等级林区占到 24.62%,小陇山生态脆弱性为三级和四级,即非常脆弱和极端脆弱的共占天然林总面积的 70.25%。说明小陇山天然林林区的生态脆弱性强。

小陇山林区属于天保工程实施的范围,管护好现有森林资源是天保工程的核心,增加森林资源总量是天保工程的目标^[14]。定性分析结果表明:一级生态脆弱区域坡度<35°,水土保持与水源涵养功能较强,植被分布较密,盖度>0.8,因而一级地区易于作业,需多发展商品林,作为经济用途,其有利于经营者通过林产品的市场交易获取经济回报;二级、三级、四级区域中坡度大,均为急坡和险坡,裸岩率>6%,盖度依次降低,因而在二级、三级、四级地区发展生态公益林,发挥生态保护的功能,其利于天保工程的有效实施和公益林的建设。因此,以生态公益林为主、商品林为辅的林种划分原则下,小陇山林区生态公益林占天然林小班总面积的 94.87%,商品林占 5.12%,由此为下一步细化林种结构,运用层次分析法定量优化各个林种所占比例作为理论依据。

2.2 林种结构优化决策

2.2.1 构造 AHP 模型 小陇山林场天然林林种结构需要调整为结构合理、功能优化的生态系统,经营的主要目的是最大限度发挥天然林的生态效益、经济效益和社会效益,以水源涵养林、水土保持林、风景林、商品林和自然保护林 5 个林种作为指标层,建立递阶层次结构体系(图 1)。

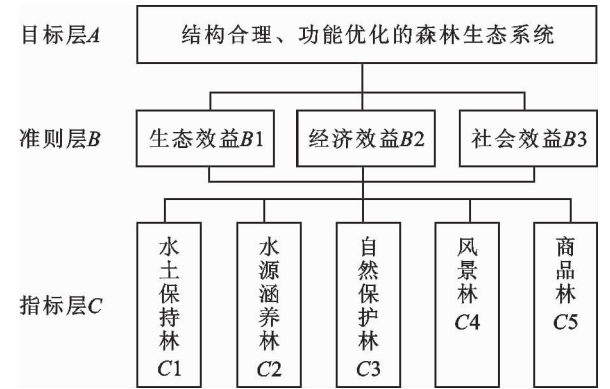


图 1 递阶层次结构

Fig. 1 Hierarchy structure

A 是经营天然林的总目标,确保天然林经营能够发挥最佳效益;B1 是生态效益:涵养水源,保持水

土,调节气候,净化空气,防风固沙等;*B2* 是经济效益;经营管理之后的天然林,经过市场转化增值而获得的效益;*B3* 是社会效益:为人类社会创造关于精

神文化、科研教育等社会服务方面的效益。

2.2.1 判断矩阵运算及一致性检验 各单排层次相对重要性权值及层次总排序层见表 3~表 6。

表 3 A-B 层

Table 3 A-B hierarchy

| 目标层 | 生态效益 | 经济效益 | 社会效益 | 权重 | 一致性检验 |
|------|------|------|------|---------|---|
| 生态效益 | 1 | 6 | 3 | 0.634 8 | $\lambda_{\max}=3.094\ 0$ $CI=0.047\ 0$ $CR=0.081\ 0<0.1$ |
| 经济效益 | 1/6 | 1 | 1/5 | 0.078 0 | |
| 社会效益 | 1/3 | 5 | 1 | 0.287 2 | |

表 4 B₁-C 层

Table 4 B₁-C hierarchy

| 生态效益 | 水土保持林 | 水源涵养林 | 自然保护林 | 风景林 | 商品林 | 权重 | 一致性检验 |
|-------|-------|-------|-------|-----|-----|---------|---|
| 水土保持林 | 1 | 1/4 | 1 | 2 | 4 | 0.166 0 | $\lambda_{\max}=5.073\ 6$ $CI=0.018\ 4$ $CR=0.016\ 4<0.1$ |
| 水源涵养林 | 4 | 1 | 4 | 6 | 7 | 0.531 2 | |
| 自然保护林 | 1 | 1/4 | 1 | 2 | 4 | 0.166 0 | |
| 风景林 | 1/2 | 1/6 | 1/2 | 1 | 2 | 0.087 9 | |
| 商品林 | 1/4 | 1/7 | 1/4 | 1/2 | 1 | 0.049 0 | |

表 5 B₂-C 层

Table 5 B₂-C hierarchy

| 经济效益 | 水土保持林 | 水源涵养林 | 自然保护林 | 风景林 | 商品林 | 权重 | 一致性检验 |
|-------|-------|-------|-------|-----|-----|---------|---|
| 水土保持林 | 1 | 1/2 | 6 | 8 | 1/5 | 0.175 4 | $\lambda_{\max}=5.421\ 6$ $CI=0.105\ 4$ $CR=0.094\ 1<0.1$ |
| 水源涵养林 | 2 | 1 | 3 | 6 | 1/4 | 0.198 9 | |
| 自然保护林 | 1/6 | 1/3 | 1 | 3 | 1/7 | 0.060 7 | |
| 风景林 | 1/8 | 1/6 | 1/3 | 1 | 1/9 | 0.030 6 | |
| 商品林 | 5 | 4 | 7 | 9 | 1 | 0.534 4 | |

表 6 B₃-C 层

Table 6 B₃-C hierarchy

| 社会效益 | 水土保持林 | 水源涵养林 | 自然保护林 | 风景林 | 商品林 | 权重 | 一致性检验 |
|-------|-------|-------|-------|-----|-----|---------|---|
| 水土保持林 | 1 | 1/6 | 1/3 | 1 | 2 | 0.095 6 | $\lambda_{\max}=5.049\ 0$ $CI=0.012\ 2$ $CR=0.010\ 9<0.1$ |
| 水源涵养林 | 6 | 1 | 2 | 5 | 6 | 0.481 4 | |
| 自然保护林 | 3 | 1/2 | 1 | 3 | 4 | 0.264 4 | |
| 风景林 | 1 | 1/5 | 1/3 | 1 | 2 | 0.099 1 | |
| 商品林 | 1/2 | 1/6 | 1/4 | 1/2 | 1 | 0.059 5 | |

表 7 B-C 层次总排序及一致性检验

Table 7 General ranking in B-C level and consistency text

| 指标层 | 生态效益 | 经济效益 | 社会效益 | 总排序 |
|-------|---------|---------|---------|---------|
| | 0.6348 | 0.0780 | 0.2872 | |
| 水土保持林 | 0.166 0 | 0.175 4 | 0.095 6 | 0.146 5 |
| 水源涵养林 | 0.531 2 | 0.198 9 | 0.481 4 | 0.491 0 |
| 自然保护林 | 0.166 0 | 0.060 7 | 0.264 4 | 0.186 0 |
| 风景林 | 0.087 9 | 0.030 6 | 0.099 1 | 0.086 6 |
| 商品林 | 0.049 0 | 0.534 4 | 0.059 5 | 0.089 9 |

$CI=0.018\ 4\times0.634\ 8+0.105\ 4\times0.078\ 0+0.012\ 2\times0.287\ 2=0.023\ 4$

$RI=1.12$

$CR=0.020\ 9<0.10$

λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征根,*CI* 为一致性或

判断可靠性的度量,*CR* 为一致性比例,结果表明各层判断矩阵的 *CR* 值均 <0.1 ,一致性是可以接受的(表 3~表 6)。小陇山现有林种及面积分别为水源涵养林 330 759.5 hm²、水土保持林 91 349.8 hm²、自然保护林 13 007.3 hm²、风景林 6 750.4 hm²、商品林 4 408.6 hm²,各占天然林总面积 74.12%、20.47%、2.91%、1.51%、0.99%。经过优化调整之后,适宜发展的林种结构比例为:水源涵养林比重为 49.10%,水土保持林比重为 14.65%,自然保护林比重为 18.60%,风景林比重为 8.66%,商品林比重为 8.99%,相应面积为水源涵养林为 219 111.5 hm²,水土保持林为 65 385.77 hm²,自然保护林为 83 028.27 hm²,风景林为 38 668.55 hm²,商品林为

40 109.82 hm²。由图 2 所示,优化过程中整体降低了水源涵养林和水土保持林的面积比例,提高自然保护林、风景林和商品林的 比例。

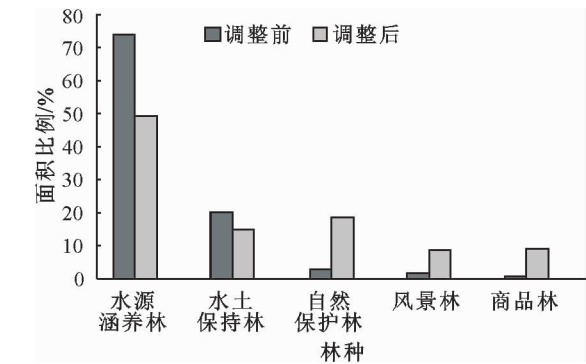


图 2 林种结构调整前后比例分布

Fig. 2 Proportional distribution of forest species before and after restructuring

2.3 基于生态脆弱等级下林种结构调整对比分析

在二类调查数据及生态脆弱性划分基础上,水源涵养林、水土保持林、自然保护林、风景林、商品林 5 类林种面积在各生态脆弱性等级中所占比例如表 8 所示。

依据 AHP 结构层次分析法得到的林种优化方案,并综合当前各林种在生态脆弱等级中的面积分布结果,对各部分所占面积比例进行重新细化,提出

规划性调整决策。

表 8 现有林种各生态脆弱性等级中的面积比例分布

| Table 8 Existing forest area proportion of each forest type in ecological fragility grade distribution | | | | | % |
|--|------|-------|-------|-------|---|
| 林种面积比例 | 一级 | 二级 | 三级 | 四级 | |
| 水源涵养林 | 3.81 | 18.55 | 33.61 | 18.15 | |
| 水土保持林 | 0.97 | 4.77 | 7.66 | 7.07 | |
| 自然保护林 | 0.06 | 0.35 | 0.99 | 1.52 | |
| 风景林 | 0.04 | 0.36 | 0.97 | 0.15 | |
| 商品林 | 0.25 | 0.60 | 0.13 | 0.01 | |

水源涵养林和水土保持林在各生态脆弱等级区域比重最大(图 2),经过调整,适当降低 2 类林种的面积比例以求增加其他林种的经营范围。商品林在 4 个等级中占有比例均小。针对环境脆弱、系统稳定性差、生态承载能力较弱的三级、四级区域,商品林面积比例仅占 0.13%、0.01%,因而在这 2 个区域内商品林不需再做调整,增加其在一级、二级区域中的比例更加适宜。风景林在一级、四级中所占比例很低,即 0.04%和 0.15%,二级、三级中分别为 0.36%和 0.97%,在调整规划中,增加风景林在二级、三级区域中的面积分布。自然保护林所占比例在生态脆弱等级二级、三级、四级均加以提升,在一级区域中的 0.06%则保持不变(图 3)。

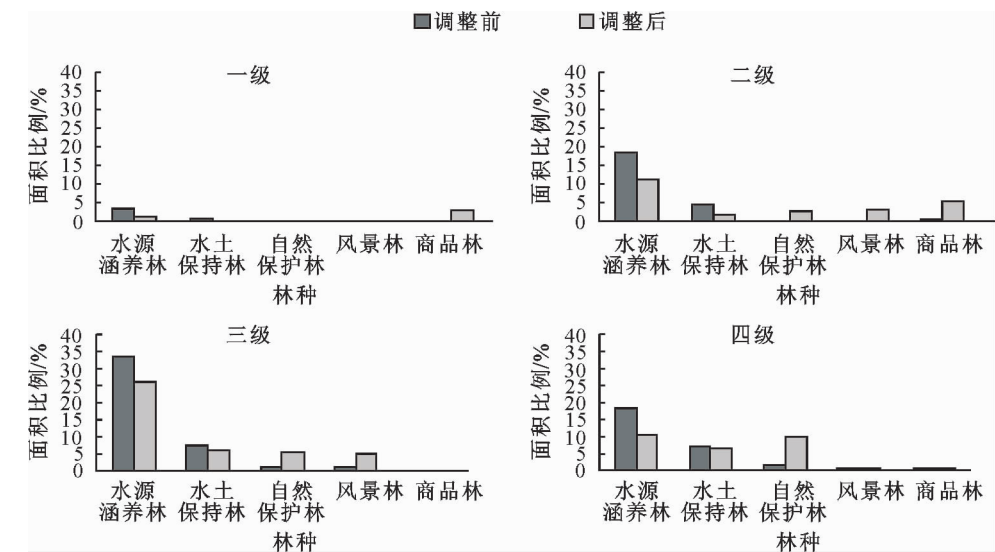


图 3 生态脆弱等级下各林种面积调整前后比例(规划性建议)

Fig. 3 Proportions each forest type before and after adjustment based on ecologically fragile area level (planning proposals)

3 结论与讨论

3.1 结论

通过对小陇山林区天然林进行生态脆弱性分析,确定坡度、坡向、植被盖度、裸岩率、农田分布 5 个指标划分生态脆弱等级,根据各等级面积分布比例得出该区生态脆弱性强。通过构建的 AHP 结构层次分析

模型计算得出小陇山现有林种结构的优化方案,总体降低了水源涵养林和水土保持林的面积分布,提高自然保护林、风景林和商品林的面积比例。

林种结构的调整实际上是一个动态规划的过程,其结果仅针对特定时间及特定环境而言。随着时间的推移、环境的变化及人们对森林效能的转变和林区总体的发展规划等诸多方面的因素,林种的

相对重要性也会发生变化。因而,在长期的森林资源管理中,需要不断进行调整,使林种结构更趋合理,以充分发挥森林的多种效益。本研究未对小陇山林区林种划分更多种类型并进行优化决策,但基于现有数据做出的调整方案为经营和保护天然林提供了一定的理论依据。

3.2 讨论

众多研究均表明^[15-19],层次分析方法对林种结构的优化切实可行,能够作为林种结构规划与决策的依据。本研究利用层次分析方法对小陇山林区天然林林种结构进行优化,也取得了较为理想的结果。小陇山林区天然林林种应包括 5 个方面,其重要程度依次为水源涵养林、水土保持林、自然保护区、商品林、风景林。小陇山林区对森林的保护和经营是以公益林建设为主,森林功能主要侧重于水源涵养和水土保持。结合地方现状,小陇山林区林业发展应遵循“生态主导—景观跟进—木材兼顾”的发展模式。众多学者^[19-21]研究林种结构优化的结果表明调整后的生态公益林均比商品林比重大,地方生态、经济等实际现状成为各研究地区林种结构调整比重不一致的影响因素之一。因而,小陇山林区生态保护方面的林种比例占到 80% 以上,其中水源涵养林为 49.10%,水土保持林为 14.65%,自然保护区为 18.60%。其次,小陇山林区天然林有油松、白桦、红桦、白皮松、华山松等优势树种,大面积形成的针阔混交林、针叶混交林、阔叶混交林及以栎类为顶级群落等构成了独特美丽的森林景观,可以将其发展为风景林,因而,在原有基础上将比例提升至 8.66%。商品林区主要选择自然条件优越,立地条件较好,地势较为平缓,森林采伐不易造成水土流失及生态作用一般的区域划定^[22]。小陇山商品林在生态、经济、社会效益方面根据层次分析法贡献的相对重要性权值得出的比例为 8.99%,依据生态脆弱性划分的因子可知一般脆弱等级的商品林比例占到 5.12%。因此调整后的商品林林种比例是较为理想的。

基于各生态脆弱等级下林种结构调整结果分析,一级、二级区域在水源涵养和水土保持功能方面状况良好,适宜集中发展商品林。伴随小陇山林区工作中心由以木材生产为主转向生态建设为主,为更好形成林场对实行严格公益林的自我约束机制和对商品林经营开发的激励机制,需要扩大商品林林种的经营范围,从而解决当地在承担生态建设任务条件下并行满足市场经济的需求。小陇山林区现有 1 处国家级自然保护区、2 处省级自然保护区及 5 处省级森林公园,大部分位于二级、三级、四级区域中。

部分天然林由于历次的自然灾害和长期的不合理利用,导致多代萌生,林分密度相对较大,且分布不均匀,处于生境条件较差的林木,易发生病虫害和森林火灾^[23]。因而在规划性建议中扩增自然保护区和森林公园的数量增加也是势在必行。以生态公益林保护为主的林区建设,需从社会、景观尺度上实现森林多功能服务,其风景林是以发挥景观功能为主,具有一定稳定性的人工或自然森林群落^[24]。生态脆弱性二级、三级地区的生态系统稳定性适中,适宜风景林的发展,并且增加风景林的面积对丰富林区林分景观多样性和物种多样性具有重要意义。在确定合理林种比例的基础上,可以进一步探讨关于风景林系统的经营抚育措施。总体来讲,自然保护区和风景林比例的提升能够使小陇山林区天然林的结构、功能、效益三者关系协调发展。

森林分类是手段,而不是目的,关键在于森林分类后的实施^[25]。分类经营存在的主要问题是把多功能的森林简单地分隔成单一功能的经营对象,从而难以实现在确保森林主导功能的前提下同时发挥森林的其他功能^[26]。当前多目标经营的研究较热,在天然林经营具体的措施中,分类经营的思想可以服务于多目标经营,为了提高林地生产力和生产效率,综合考虑森林的多种功能,生态公益林发挥其生态功能的同时兼顾林副产品的生产功能,商品林发挥木材生产功能并兼顾具有生态效益的发挥^[27]。因而,小陇山林区在未来森林经营与管理中,应在现有林种结构的基础上划分出更多的林种类型,实现林区林种的多样化,以便于提出森林多功能、多效益、多目标的经营技术和管理模式,进而有效实现森林可持续发展。

参考文献:

[1] 刘小林, 张宋智, 李惠萍, 等. 小陇山森林生态系统服务功能价值评估[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(6):69-74.
LIU X L, ZHANG S Z, LI H P, *et al.* Assessment on forest ecosystem services value of Xiaolongshan region [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(6):69-74. (in Chinese)
[2] 冯林国. 慈溪市林场生态公益林林种结构调整及效益研究[D]. 杭州:浙江农林大学, 2010.
[3] 王蒙. 甘肃小陇山主要植物种群动态与空间分布格局研究[D]. 兰州:西北师范大学, 2012.
[4] 袁士云, 张宋智, 刘文桢, 等. 小陇山辽东栎次生林的结构特征和物种多样性[J]. 林业科学, 2010, 46(5):27-34
YUAN S Y, ZHANG S Z, LIU W Z, *et al.* Tree species diversity and structure characteristic of secondary forests of

Quercus liaotungensis on Xiaolongshan [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2010, 46(5):27-34. (in Chinese)

[5] 赵中华, 惠刚盈, 袁士云, 等. 小陇山锐齿栎天然林的树种多样性和结构特征[J]. 林业科学研究, 2008, 21(5):605-610. ZHAO Z H, HUI G Y, YUAN S Y, *et al.* Tree species diversity and structure characteristics of *Quercus aliena* var. *acuteserrata* natural forest on Xiaolongshan [J]. Forest Research, 2008, 21(5):605-610. (in Chinese)

[6] 林进. 公益林与商品林分类指标体系及技术标准的研究[J]. 林业科学, 1999, 35(4):93-100. LIN J. Studies in technical criteria and index system for classifying public beneficial forest and commercial forest [J]. Scientia Silvae Sinicae, 1999, 35(4):93-100. (in Chinese)

[7] 靳毅, 蒙古军. 生态脆弱性评价与预测研究进展[J]. 生态学杂志, 2011, 30(11):2646-2652. QI Y, MENG J J. Assessment and forecast of ecological vulnerability: a review [J]. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(11):2646-2652. (in Chinese)

[8] KAMALJIT S B, GLADWIN J, SIDDAPPA S. Poverty, biodiversity and institutions in forest-agriculture ecotones in the Western Ghats and Eastern Himalaya Ranges of India [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 121: 287-295.

[9] MORTBERG U M, BALFORS B, KNOLW C. Landscape ecological assessment: a tool for integrating biodiversity issues in strategic environmental assessment and planning [J]. Journal of Environmental Management, 2007, 82: 457-470

[10] 邱彭华, 徐颂军, 谢跟踪, 等. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析[J]. 生态学报, 2007, 27(4):1257-1264. QUI P H, XU S J, XIE G Z, *et al.* Analysis on the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(4):1257-1264. (in Chinese)

[11] 王延平, 刘霞, 姚孝友, 等. 淮河流域沂蒙山区水土保持生态脆弱性的 AHP 分析[J]. 中国水土保持科学, 2010, 8(3): 20-27. WANG Y P, LIU X, YAO X Y, *et al.* AHP analysis of soil and water conservation ecological fragility assessment in Yimeng Mountaion area of Huaihe River Valley[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2010, 8(3):20-27. (in Chinese)

[12] 赵焕臣, 许树柏, 和金生. 层次分析法——一种简易的新决策方法[M]. 北京:科学出版社, 1986.

[13] SAATY T L. The analytic hierarchy process [M]. New York : McGraw Hill Inc,1980.

[14] 王顺彦. 甘肃省天保工程区可持续发展研究[D]. 北京:北京林业大学, 2008.

[15] 豪树奇. 北京市生态公益林经营类型划分体系研究—以海淀、平谷、延庆三区县为例[D]. 北京:北京林业大学, 2008.

[16] 邹建文, 曾志新, 廖菊阳, 等. 层次分析法在湘北地区林种结构调整中的应用[J]. 湖南林业科技, 2004, 31(4):34-37.

[17] 李苗裔, 李渊. 层次分析法在防护林林种结构优化评价中的应用——以官司河流域为例[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(11):5800-5802. LI M Y, LI Y. Analytic hierarchy process (AHP) in shelter-belt forest category of structural optimization of evaluation LIM-yi et al [J]. Anhui Forestry Agricultural Science, 2010, 38(11):5800-5802. (in Chinese)

[18] 晋图强. 基于层次分析法的周口市川汇区林种结构调整[J]. 现代农业科技, 2013(16):150-152.

[19] 黄庆丰, 亢新刚. 五道河林场天然次生林林种结构的研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(5):519-522. HUANG Q F, KANG X G. Species structure of natural secondary forest in the Wudaohe farm[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(5):519-522. (in Chinese)

[20] 满秀玲, 蔡体久, 姜东涛, 等. 黑龙江省合理森林覆被率与林种结构的研究[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(1):62-66. MAN X L, CAI T J, JIANG D T, *et al.* Study on the reasonable percentage of forest cover and structure of forest types for Heilongjiang Province [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2000, 28(1):62-66. (in Chinese)

[21] 孟宪宇, 励龙昌. 区域森林资源林种结构调整的研究[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(3):16-19. MENG X Y, LI L C. A study on forest category structure adjustment of regional forest resources [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2001, 23(3):16-19. (in Chinese)

[22] 王树立, 国庆喜, 松日清. 大兴安岭林区土地资源优化与林种结构调整[J]. 东北林业大学学报, 2005, 33(6):23-24. WANG S L, GUO Q X, SONG R Q. Land resources optimum and forest- type structure regulation for Daxing'anling forest region [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2005, 33(6):23-24. (in Chinese)

[23] 冉福祥. 小陇山林区实施天然林保护工程成效与对策探析[J]. 林业资源管理, 2009(2):21-27. RAN F X. Discussion on the achievements and countermeasures against the problems of the implementation of natural forest protection program in Xiaolongshan forest area of Gansu Province [J]. Forest Resources Management, 2009(2): 21-27. (in Chinese)

[24] 周荣伍, 安玉涛, 马润国, 等. 风景林概念及其研究现状[J]. 林业科学, 2013, 49(8):117-125. ZHOU R W, AN Y T, MA R G, *et al.* A review of the concept and research status in scenic forests [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2013, 49(8):117-125. (in Chinese)

[25] 李克渭. 林业分类经营的若干问题[J]. 林业资源管理, 1999 (Supp.):229-231.

[26] 袁士云. 甘肃省小陇山现有林分经营模式评价研究[D]. 北京:中国林业科学研究院, 2010.

[27] 雷静品, 江泽平, 袁士云. 甘肃小陇山次生林多目标经营研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(6):182-186. LEI J P, JIANG Z P, YUAN S Y. Research on the multi-objective management of the secondary forest in Xiaolong Mountains[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(6):182-186. (in Chinese)