

County-Level Quality Evaluation of Ecological Public Welfare Forest Based on GIS Technology

Faxing Shen^{1,2}, Yuting Zan^{1,2}, Aizhen Xu^{1,2}, YunJing Li^{1,2}, Jialei Wan^{1,2}, Weifeng Wang^{3*}

¹Jiangxi Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang Jiangxi

²Jiangxi Provincial Key Laboratory of Soil Erosion and Prevention, Nanchang Jiangxi

³Inner Mongolia Academy of Forestry, Hohhot Inner Mongolia

Email: *wang.wf1985@163.com

Received: Oct. 2nd, 2015; accepted: Oct. 23rd, 2015; published: Oct. 26th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Ecological public welfare forest quality scientific evaluation is an important link to improve forest resource management level, and an important part of ecological public welfare forest information management system construction process. This study which by the county-level ecological public welfare forest as research object, integrate application geographic information system technology platform, use of forest resources that “second-class survey” sub-compartment database for information sources, established the county-level ecological public welfare forest geographic information management system. The ecological public welfare forest can achieve dynamic, visual and scientific management. Frequency statistics method, theoretical analysis, expert advice and other methods were adopted to screen out evaluation indexes, and AHP method was used to determine each index weight. An index system was constructed based on the “second-class survey” data to evaluate the quality of ecological public welfare forest. Finally, based on ecological public welfare forest quality evaluation index system, use of public welfare forest sub-compartment information by geographic information database was established, adopting fixed sub-compartment evaluation method to evaluation ecological public welfare forest quality.

Keywords

GIS Technology, Ecological Public Welfare Forest, Evaluation Index, Quality Evaluation

*通讯作者。

基于GIS技术的县级生态公益林质量评价

沈发兴^{1,2}, 管玉亭^{1,2}, 徐爱珍^{1,2}, 李贇^{1,2}, 万佳蕾^{1,2}, 王伟峰^{3*}

¹江西省水土保持科学研究院, 江西 南昌

²江西省土壤侵蚀与防治重点实验室, 江西 南昌

³内蒙古林业科学研究院, 内蒙古 呼和浩特

Email: *wang.wf1985@163.com

收稿日期: 2015年10月2日; 录用日期: 2015年10月23日; 发布日期: 2015年10月26日

摘要

对生态公益林质量进行科学评价是提高森林资源经营管理水平的重要环节, 也是生态公益林信息管理系统建设过程中的重要组成部分。以县级生态公益林为研究对象, 综合运用地理信息系统技术平台, 利用森林资源“二类调查”小班数据库为信息源, 建立了县级生态公益林地理信息管理系统, 对生态公益林实行动态化、可视化和科学化管理。采用频度统计法、理论分析法、专家咨询法等筛选评价指标, 用AHP法确定各指标的权重, 构建了基于“二类调查”数据的生态公益林质量评价指标体系。利用建立的地理信息数据库中公益林小班信息, 依据生态公益质量评价指标体系, 采用固定小班评价法对生态公益林进行质量评价。

关键词

GIS技术, 生态公益林, 评价指标, 质量评价

1. 引言

生态公益林作为改善生态环境的重要组成部分, 关系着林业的可持续发展和“生态文明”战略的有效实施。生态公益林质量是指生态公益林的状态或条件及其满足人类对森林的生态效益和社会效益需求的程度[1]。目前, 在我国生态公益林建设中, 存在着“重数量、轻质量”和“重建设、轻管理”的问题, 生态公益林质量状况是其发挥生态效能的基础, 生态公益林生态功能发挥的强弱, 取决于生态公益林本身的数量、质量、结构和时空分布状态。通过生态公益林评价, 能体现现有公益林的个体差异性, 实现科学的经营管理[2]。生态公益林的管理, 特别是空间分布的管理较为困难, 因此, 对生态公益林建设开展监测与评价具有重要的理论和现实意义。目前, 国内外对森林综合效益评价进行了大量的研究, 但对生态公益林质量评价研究较少[3]-[18]。大多以区域或林分质量单独评价, 无法系统地把管理和生态公益林的地域特点及其效益的发挥有机地结合起来[19]。本研究利用 ViewGIS 技术和“二类调查”资料建立县级生态公益林地理信息系统, 运用地理信息系统平台对县级生态公益林质量进行动态监测和评价, 全面、定量地了解生态公益林质量的现状及动态变化等情况, 以检验生态公益经营成效, 及时地发现经营过程中存在的问题, 并采取相应的对策和措施, 为县级生态公益林的可持续经营管理提供技术保障。

2. 县级生态公益林地理信息系统的建立

2.1. 资料收集

建库基础资料主要有: 1) 森林资源“二类调查”数据; 2) 1:10000 地形图及森林分布图、林相等其它相关图面资料; 3) 县域近期林业经济及其它经济、社会发展规划等方面资料。

2.2. 建立空间数据库

2.2.1. 小班区划图扫描和矢量化

将全县 1:10000 小班区划图用扫描仪输入计算机, 进行坐标配准后, 定义工作颜色, 并赋予不同界线不同的特征值[20], 对小班、村、乡、县等界限进行跟踪矢量化, 最后生成以县、乡(镇)为单位的小班区划图。区划图的小班、村、乡(镇)以及县等界线可根据特征值设置以不同的线型表示。

2.2.2. 图层的检查和编辑

小班区划图矢量化完成后, 先对数据进行拓朴处理建立面状图。生成多边形时, 有时存在各种误差, 造成有的多边形不能建立拓朴关系, 也就不能生成多边形, 需要编辑后重新生成多边形。有的出现许多悬挂线, 需要进行检查、再编辑, 修改后重新建立图形的拓朴关系, 从而形成准确、有效的小班数据[20]。

2.3. 建立属性数据库

利用已经输入数据库的县级“二类调查”小班资料, 增加一个“关键字”字段, 关键字段由乡代码、村代码和小班号组成, 其中乡代码 2 位, 村代码 2 位, 小班号 3 位, 共 7 位, 每个关键值都唯一代表一个小班。属性数据采用 Microsoft Visual FoxPro 6.0 关系型数据库建库, 库中包括乡名、村名、小班号以及各项林分调查因子等项目, 每个小班的资源信息都存入属性数据库[20]。

2.4. 空间数据库与属性数据库的关联

空间数据库与属性数据库是一个整体, 由两库共有的关键字把空间实体的图形数据与反映空间实体特征的属性数据联系起来, 使图中每块小班图形与小班记录连为一体。空间数据库和属性数据库相联接, 构成了一个完整的地理信息数据库, 实行空间与属性数据库一体化管理, 生态公益林地理信息系统的建立可得到全县生态公益林的资源信息。

2.5. 地理信息系统的应用

2.5.1. 生态公益林资源信息查询

查询功能用于对空间以及属性数据库的综合查询, 可以根据图形查询属性数据, 也可以属性数据查询图形以及由上向下逐级检索查询等。

2.5.2. 资源更新

森林资源“二类调查”数据反映了当年的信息, 随着经营活动的开展和林木的生长, 生态公益林资源状况不断发生变化, 利用 GIS 技术能非常方便的将变化后的信息更新。由于属性数据与空间数据相关联, 当属性数据更新后, 表示小班的图形能同步更新, 能够掌握生态公益林资源的动态变化情况, 为采取相关生态公益林经营措施提供依据。

2.5.3. 专题图生成

利用生态公益林数据库的信息和系统中的数据库查询、空间分析等强大功能, 结合建立生态公益林评价指标体系, 可以得到以小班为评价单位的质量评价结果, 能非常便捷地生成全县生态公益林质量等级分布图及其它专题图。

3. 县级生态公益林的质量评价

3.1. 指标体系构建原则

依据系统性、科学性、实用性、客观性、代表性等原则, 采用频度统计法、理论分析法、专家咨询

法等筛选出能够反映生态公益林质量的指标，构建出科学合理的评价指标[3][19]。

3.2. 指标体系的建立

指标选取的思路一方面参考已有研究成果中的优良指标，从国内外的研究文献中，对各种指标进行统计分析，选择使用频度较高的指标；另一方面在小班调查因子中根据评价对象的结构、功能以及区域特性，结合生态公益林的特征以及社会经济条件等，进行分析、比较、综合选择针对性强的指标，并进一步征询专家的意见，对指标进行调整，以求评价结果的科学性和客观性，并且适用于小班评价。最后，构建了一套易操作、易量化的以小班为评价对象的县级生态公益林质量评价指标体系(包括 21 个指标)，运用 AHP 法确定各指标的权重值(见表 1 所示)，AHP 法的具体应用参考文献[21]中的方法内容。

Table 1. Hierarchical structure and weight value of evaluation index
表 1. 评价指标层次结构与权重值

目标层 A	准目标层 B	相对权重 (W_i)	类目标层 C	相对权重 (W_{ij})	指标层 D	相对权重 (W_{ijk})	绝对权重 (W_{ijk})
生态公益林质量评价指标体系 A	生物因子质量 B ₁	0.4170	林分结构因子 C ₁	0.4546	群落结构 D ₁	0.3302	0.0626
					树种结构 D ₂	0.1700	0.0322
					郁闭度 D ₃	0.2459	0.0466
					植被盖度 D ₄	0.1847	0.0350
					起源 D ₅	0.0692	0.0131
			平均胸径 D ₆	0.1229	0.0279		
			龄组 D ₇	0.0895	0.0204		
			蓄积量 D ₈	0.4031	0.0917		
			蓄积生长量 D ₉	0.2192	0.0499		
			天然更新 D ₁₀	0.1653	0.0376		
	林分资源因子 C ₂	0.5454	病害 D ₁₁	0.1728	0.0299		
			虫害 D ₁₂	0.1426	0.0247		
			火灾 D ₁₃	0.3864	0.0669		
			其他灾害(风雪冻害等)D ₁₄	0.1234	0.0214		
			水土流失 D ₁₅	0.1748	0.0303		
	林分健康因子 C ₃	0.5454	坡位 D ₁₆	0.2123	0.0306		
			坡度 D ₁₇	0.2351	0.0339		
			土层厚度 D ₁₈	0.3303	0.0476		
			腐殖质层厚度 D ₁₉	0.2223	0.0321		
			经营类型 D ₂₀	0.5263	0.1398		
	环境因子质量 B ₂	0.3173	林分立地因子 C ₄	0.4546	事权等级 D ₂₁	0.4737	0.1258
人为因子质量 B ₃					0.2657	林分经营管理 C ₅	1.0000

各指标层一致性检验: A~B: $\lambda_{max} = 3.0021$, $CI = 0.0011$, $RI = 0.58$, $CR = 0.0018 < 0.1$; C₁~D: $\lambda_{max} = 5.0782$, $CI_{10} = 0.0196$, $RI_{10} = 1.12$, $CR_{10} = 0.0175 < 0.1$; C₂~D: $\lambda_{max} = 5.0318$, $CI_{20} = 0.0080$, $RI_{20} = 1.12$, $CR_{20} = 0.0071 < 0.1$; C₃~D: $\lambda_{max} = 5.0918$, $CI_{30} = 0.0230$, $RI_{30} = 1.12$, $CR_{30} = 0.0205 < 0.1$; C₄~D: $\lambda_{max} = 4.0026$, $CI_{40} = 0.0009$, $RI_{40} = 0.9$, $CR_{40} = 0.001 < 0.1$; 一致性检验满意; 层次总排序一致性检验: D 层元素总排序一致性检验, $CI_D = w_1w_{11}CI_{10} + w_1w_{12}CI_{20} + w_2w_{21}CI_{60} + w_2w_{22}CI_{70} + w_2w_{23}CI_{80} = 0.0096$, $RI_D = w_1w_{11}RI_{10} + w_1w_{12}RI_{20} + w_2w_{21}RI_{60} + w_2w_{22}RI_{70} + w_2w_{23}RI_{80} = 0.7906$, $CR_D = 0.0121 < 0.1$, 一致性检验通过。

3.3. 指标含义及等级划分

构成生态公益林质量评价指标来自森林资源“二类调查”因子，其中有定性数据、定量数据及根据专业知识和调查的信息经整理后生成的数据，对于定性数据根据专业知识分级后数量化，定性、定量数据均采用十分制作为量化标准；具体量化的级距及相应量化值列于每个评价指标后面。

群落结构：森林群落的垂直层次结构越复杂，群落的稳定性就越高，森林质量就越好。完整结构、复杂结构、简单结构分别赋值为 10、6、2。

树种结构：一般而言，混交林的稳定性高于纯林，异龄林的稳定性高于同龄林，阔叶林的生态效益好于针叶林。阔叶混交林、针阔混交林、针叶混交林、阔叶林、针叶林分别赋值为 10、8、6、4、2。

郁闭度：林分郁闭度的高低，体现了森林的生物量水平，能够反映整体质量的好坏。郁闭度有具体的数值，根据郁闭度的大小采用赋值法，将其划分为五个等级：0~0.19、0.20~0.39、0.40~0.59、0.60~0.79、0.80 以上，分别赋值为 2、4、6、8、10。

植被盖度：植被盖度能反映植被的茂密程度，植被盖度越大，保持水土的能力就越强。参考《森林资源“二类调查”操作细则》中对植被盖度的划分，25%以下、26%~50%、51%~75%、76%以上，分别赋值为 2、4.5、7.5、10。

起源：把生态公益林分为天然林和人工林两种类型。天然林在树种结构和物种多样性等方面都较人工林有更大生态效益，所以天然林类型赋值为 10，人工林赋值为 5。

平均胸径：林业调查的常规因子，平均胸径是林分生产力的具体表现。该指标有具体的数值，采用赋值法，划分为：0~3 cm、3.1~6 cm、6.1~9 cm、9.1~12 cm、12 cm 以上，分别赋值为 2、4、6、8、10。

龄组：生态公益林以防护成熟或自然成熟划分龄组，分为幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林 5 个龄组，共划分为五个等级，分别赋值为 2、10、8、6、4。

单位蓄积量：单位面积活立木蓄积量是反映林分质量的重要指标，指标值越大，表明现状森林资源越丰富，林分生产力越高，生态效益越好。该指标有具体的数值，划分为 0~50 m³/hm²、50.01~100 m³/hm²、100.01~150 m³/hm²、150.01~200 m³/hm²、200 m³/hm² 以上，分别赋值为 2、4、6、8、10。

单位蓄积生长量：指组成林分全部树木的单位面积(hm²)蓄积年平均生长量，将具体数值划分为 0~7 m³/hm²、7.01~14 m³/hm²、14.01~21 m³/hm²、21.01~28 m³/hm²、28 m³/hm² 以上，分别赋值为 2、4、6、8、10。

天然更新：指通过天然更新恢复的森林面积与总更新面积的比例。小班调查表中记载为良好、中等、不良三个等级，分别赋值为 10、6、2。

病虫害等级：林木受各种病害的严重程度，分为无、轻、中、重 4 个等级。生态公益林建设的主要目标是发挥它的生态效能，一旦受到森林病虫害、森林火灾、以及台风、洪涝、雪害等自然灾害的影响，它的生态效能将受到影响，一般质量较好的森林生态系统对灾害的抵抗能力强。分别赋值为 10、7.5、4.5、2。

虫害等级：林木受各种昆虫危害(含树叶、枝梢、果实、树干)的严重程度，分为无、轻、中、重 4 个等级，分别赋值为 10、7.5、4.5、2。

火灾等级：林木遭受火灾危害的严重程度，分无、轻、中、重 4 个等级，分别赋值为 10、7.5、4.5、2。

其他灾害(风雪冻害等)：林木受风、雪、冻、水灾等危害程度，分无、轻、中、重 4 个等级，分别赋值为 10、7.5、4.5、2。

水土流失：水土流失是指地表土壤及母质、岩石受到水力、风力、重力和冻融等外力的作用，使之受到各种破坏和移动、堆积过程以及水本身的损失现象。水土流失强度分为轻度、中度、强度、剧烈 4 个等级，分别赋值为 10、7.5、4.5、2。

坡位：分脊、上、中、下、谷、平地及全坡 7 个坡位。将坡位划分为 5 个等级，山谷下部为 I 级，中部和全坡为 II 级，上部为 III 级，山脊为 IV 级，分别赋值为 10、7.5、4.5、2。

坡度：坡度与林地的水土流失有关，一般在自然状态下，坡度越陡，雨水流动越快，水流对土壤的冲刷越严重，水土流失就越严重。坡度越小，水土流失减缓，土壤较为深厚，利于林木的生长，林分质量越好。根据实际数值划分为 $0^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 、 $11^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 、 $21^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 、 $31^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 、 $41^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，分别赋值为 10、8、6、4、2。

土层厚度：森林土壤是森林生长发育中最重要的生态因子之一，是森林生态系统发生、发展、演替的基础，土层的厚度直接影响林木的生长速度。根据土壤厚度值划分为 20 cm 以下、20~40 cm、41~60 cm、61~80 cm、80 cm 以上，分别赋值为 2、4、6、8、10。

腐殖质层厚度：由于土壤肥力的高低与腐殖质层的厚度和腐殖质的含量密切相关，因此腐殖质层的状况，常作为评价土壤肥力的标准之一，因此腐殖质层厚度对林分的生长具有重要的作用。根据腐殖质层厚度划分为 0~5 cm、6~10 cm、11~15 cm、16~20 cm、20 cm 以上，分别赋值为 2、4、6、8、10。

经营类型：根据《生态公益林管理办法》，生态公益林按地段和林种状况等，划分为重点保护型和一般保护型。重点保护型赋值为 10，一般保护型赋值为 5。

事权等级：生态公益林按事权等级划分为国家公益林和地方公益林。国家公益林赋值为 10，地方公益林赋值为 5。

3.4. 生态公益林质量评价方法

指标体系中的各个指标由于其含义不同，造成指标的量纲各异，不具可比性，即使指标已经进行量化，也不能用该量化值直接进行计算，须进行无量纲化处理，消除指标量纲影响后才能计算综合评价的结果。考虑到构成生态公益林质量评价指标体系的复杂性，寻求指标基准值的困难性，根据研究区域的实际情况，考虑采取赋值的方法进行无量纲化。

对于郁闭度、平均胸径、单位蓄积量、单位蓄积生长量、坡度、土层厚度和腐殖质层厚度 7 个定量的指标，对各个指标进行平均分段，并分别赋值，以此来消除量纲的影响。

对于群落结构、植被盖度、起源、龄组、更新等级、病害、虫害、火灾、其他灾害、水土流失、坡位、经营类型、事权等级 13 个定性的指标，根据《县级森林资源“二类调查”实施细则》细分的等级，采取赋值法消除指标量纲的差异性。

根据各指标因子的得分及指标因子的权重，计算出每个小班的综合评价值。计算公式为：

$$Y = \sum_{i=1}^n C_{ijk} \overline{w_{ijk}}$$

式中： Y 为综合评价值； n 为指标数； C_{ijk} 为第 i 准目标层第 j 类目标层的第 k 个指标的赋值评价值； $\overline{w_{ijk}}$ 为第 i 准目标层第 j 类目标层的第 k 个指标绝对权重值。

根据综合评价值的大小，将生态公益林的质量水平划分为 I 级、II 级、III 级、IV 级、V 级共 5 个等级，分别为好、较好、一般、较差、差，各对应的综合评价值范围分别为 8 以上、6.1~8、4.1~6、2~4 和 2 以下。

4. 结论与讨论

1) 以地理信息系统技术为平台，森林资源“二类调查”小班资料为信息源，建立了县级生态公益林地理信息系统。生态公益林地理信息系统提供了数据的导入导出等功能，能方便、快捷、有效的对生态公益林进行管理和评价，能满足县级生态公益林管理的要求，能够为林业管理工作起到技术支持和辅助决策的作用。

2) 采用频度统计法、理论分析法、专家咨询法结合小班调查的内容,建立了方法科学、操作简便、结合实际的县级生态公益林质量评价指标体系。指标体系包括 21 个指标因子,明确了各指标的内涵和计算方法,采用定性和定量相结合的方法,并采用层次分析法确定了各指标的权重。

3) 利用的地理信息数据库中公益林小班信息和系统强大功能,依据生态公益质量评价指标体系,对县级生态公益林小班进行质量评价,将评价结果的分布情况标注在地理信息系统上,以数字化、可视化、动态化的形式展现出来。

4) 生态公益林质量评价指标的选取是在参考相关文献的基础上,取自“二类调查”数据,并结合县级生态公益林建设和管理的实际状况并咨询专家意见进行的,它们的合理性及准确度还需要在实践中进一步验证和完善。

参考文献 (References)

- [1] 尹峰,张贵,朱玉雯 (2008) 生态公益林质量评价指标体系及综合指数研究. *浙江林业科技*, **3**, 29-33.
- [2] 廖小英 (2008) 福建三明市区生态公益林质量分析. *中南林业调查规划*, **3**, 23-25.
- [3] 蔡重,张志云,连芳青,等 (2012) 基于 GIS 技术的生态公益林与商品用材林质量评价. *江西农业大学学报*, **6**, 1180-1185.
- [4] 郭宁,邢韶华,姬文元,等 (2010) 森林资源质量状况评价方法及其在川西米亚罗林区的应用. *生态学报*, **14**, 3784-3791.
- [5] 党普兴,侯晓巍,惠刚盈,等 (2008) 区域森林资源质量综合评价指标体系和评价方法. *林业科学研究*, **1**, 84-90.
- [6] 石春娜,王立群 (2007) 我国森林资源质量评价体系研究进展. *世界林业研究*, **2**, 68-72.
- [7] 李卫忠 (2003) 公益林效益评价指标体系与评价方法的研究. 硕士论文,北京林业大学,北京, 25-29.
- [8] 林进 (1998) 公益林与商品林分类指标体系及技术标准的研究. *林业科学*, **4**, 93-100.
- [9] 蔡小溪,吴金卓 (2015) 森林土壤健康评价研究进展. *森林工程*, **2**, 37-41.
- [10] 吴晓丽,杨春玉 (2015) 森林立地质量定量评价方法. *内蒙古林业调查设计*, **1**, 29-31.
- [11] 赵惠勋,周晓峰,王义弘,等 (2000) 森林质量评价标准和评价指标. *东北林业大学学报*, **5**, 58-61.
- [12] 周洁敏 (2001) 森林资源质量评价方法探讨. *中南林业调查规划*, **2**, 5-8.
- [13] 刘学全,唐万鹏,汤景明,等 (2002) 鄂西三峡库区防护林林分质量综合评价. *应用生态学报*, **7**, 911-914.
- [14] 毛淑娟,胡月明 (2007) 基于 GIS 与灰关联综合评价模型的生态公益林林分质量评价. *广东林业科技*, **1**, 37-41.
- [15] 臧润国,朱春全,雷静品,等 (1999) 可持续经营框架下阔叶红松林区生物多样性间接评价体系的研究. *生物多样性*, **3**, 189-196.
- [16] 段庆锋 (2004) 区域森林资源可持续评价指标体系研建. 硕士论文,北京林业大学,北京, 14-26.
- [17] 蒋有绪 (1997) 国际森林可持续经营的标准与指标体系研制的进展. *世界林业研究*, **2**, 9-14.
- [18] 洪涛,刘发明 (1997) 防护林区域生态效益评价指标体系. *甘肃林业科技*, **2**, 59-61.
- [19] 温伟庆 (2010) 基于 GIS 的漳平市生态公益林建设监测与评价. *福建林学院学报*, **2**, 187-192.
- [20] 陆守一 (2004) 地理信息系统. 高等教育出版社,北京, 57-68.
- [21] 施丽娜,华德尊,李春艳 (2005) 运用层次分析法评价虎林市地表水环境质量. *环境科学与管理*, **5**, 100-103.