

淳安县森林生态系统服务功能空间分异区划

蔡霞¹, 王祖华², 陈丽娟³

(1. 浙江省淳安县林业局, 浙江 淳安 311700; 2. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 3. 浙江省淳安县农业办公室, 浙江 淳安 311700)

摘要: 森林生态系统服务功能区划是指导现代林业建设的基础性研究课题。选择对区域森林生态环境敏感性和森林生态系统服务功能性有决定性影响的因子建立指标体系, 运用多边形综合指数法计算各单元森林生态环境敏感性和森林生态系统服务功能性的综合指数, 采用 SPSS 进行 Q 型聚类分析, 依据空间分异规律, 将浙江省淳安县划分为 4 个功能区, 实行分区施策。在区域林业发展空间布局上强化林业生态建设的主体地位, 实现森林资源的最优组合, 功能结构的最佳布局和功能价值的最大发挥。对构建林业生态、产业和文化三大体系, 应对生态威胁, 发展特色经济, 促进区域经济社会可持续发展具有重要意义。图 4 表 2 参 11

关键词: 森林生态学; 环境敏感性; 服务功能; 区划; 淳安县

中图分类号: S718.56 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)05-0727-08

Zoning with spatial division of forest ecosystem services in Chun'an County, Zhejiang Province

CAI Xia¹, WANG Zu-hua², CHEN Li-juan³

(1. Forest Enterprise of Chun'an County, Chun'an 311700, Zhejiang, China; 2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 3. Agriculture Office of Chun'an County, Chun'an 311700, Zhejiang, China)

Abstract: Zoning of a forest by ecosystem services is a current concern guiding modern forestry development. This study was conducted in Chun'an County, Zhejiang Province to strengthen the status of forest ecological development, to achieve an optimal combination of forest resources, and to obtain the best layout between a structural and a functional based forest. Factors related to regional forest ecological sensitivity were selected and an evaluation system built. Then, the law of polygons was used to evaluate the composite index of each unit. Finally, the Statistical Package for Social Sciences (SPSS) was employed for a Q -type cluster analysis. Based on spatial differentiation, the county was divided into four functional areas and implemented. These results could help strengthen forest ecological development, forest industry, and forest cultural systems; deal with ecological threats; develop special economic products; and improve regional economies and social development. [Ch, 4 fig. 2 tab. 11 ref.]

Key words: forest ecology; sensitivity of environment; functional services; zoning; Chun'an County

随着社会进步, 经济发展, 人们逐步意识到环境、资源、能源问题的严重性, 特别是全球气候变暖、干旱、洪涝、水土流失、荒漠化和生物多样性骤减等, 使人类生存环境面临越来越严峻的挑战。生态需求已上升为社会对林业的第一需求, 林业主体功能定位和林业生产力结构布局都随之发生根本变化, 迫切需要新的适合现代林业发展战略的空间布局, 即从森林生态系统服务功能的综合角度出发来进行区划研究。国外林业经营方向早已转向为以林业生态效益为主的经营模式。生态区划研究也成为美国、奥地利、德国、瑞士、日本等国家学者的讨论热点^[1]。中国生态区划研究始于 20 世纪 90 年代后期。相关研究

收稿日期: 2010-11-22; 修回日期: 2011-03-25

作者简介: 蔡霞, 工程师, 从事森林资源管理研究。E-mail: cacaixia@163.com

多由功能及价值两方面入手,例如就其服务功能重要性进行评价,服务功能及生态经济价值评估理论与方法做了分析,生态资产区划的理论与应用问题进行了探讨等^[2-3]。1998 年以来,各省市环保部门依据生态系统类型和生态服务功能类型开展了省级尺度的生态功能区划。2007 年,国家林业局组织开展的林业发展区划,主要依据自然地理与经济社会条件、资源环境承载能力,以及经济社会发展对林业的主导需求,对林业发展进行区域划分。而林业作为陆地生态系统的主体,尚缺乏地理空间差异所造成对功能影响的研究,尤其是依据森林生态环境敏感性和森林生态系统服务功能空间差异性进行林业区划国内未报道。

1 研究地概况及资料来源

1.1 研究地概况

浙江省淳安县位于浙江省西部,地理坐标为 29°11'~30°02'N, 118°20'~119°20'E。地貌以低山丘陵为主。气候属中亚热带季风气候北缘,温暖湿润,雨水充沛,四季分明,光照充足。森林植被为中亚热带常绿阔叶林北部亚地带。全县设 11 个镇 12 个乡, 21 个国有林场。土地总面积 44.28 万 hm^2 , 其中:林业用地 35.95 万 hm^2 , 占土地总面积的 81.2%; 千岛湖水域面积 5.63 万 hm^2 , 占 12.7%; 其他用地面积 2.71 万 hm^2 , 占 6.1%。县域有林地面积 29.10 万 hm^2 , 森林蓄积量 1 454 万 m^3 , 森林覆盖率 75.1%; 生态公益林面积 14.66 万 hm^2 , 占有林地面积的 50.3%; 森林生态系统服务功能总价值 224 亿元 $\cdot\text{a}^{-1}$, 是浙江省乃至长江三角洲南翼的重要生态屏障。

1.2 资料来源

2008 年淳安县森林资源动态监测数据; 1999 - 2008 年淳安县年鉴、林业统计年报、气象资料、水文资料、环境监测资料; 浙江省第 4 次水土流失状况普查成果; 1985 年淳安县林业区划; 2008 年淳安县森林生态系统服务功能价值评估^[4]; 淳安县 36 个森林植被群落结构调查资料。

2 研究方法

2.1 构建指标体系

运用系统学原理,按照森林生态系统服务功能的科学内涵和价值评估方法,参考国家林业局的 LY/T 1721-2008《森林生态系统服务功能评估规范》和国家环保总局《生态功能区划暂行规程》三级区划依据,建立区域森林生态系统服务功能区划的指标体系(图 1)。

2.2 指标内涵及计算方法

2.2.1 森林生态环境敏感性指标 ①森林生态系统自我恢复力指数。自我恢复力是指森林生态系统受到自然因素和人为因素干扰后,森林生态系统能够自我恢复到健康的状态,保持结构完整性的内在能力。指数计算方法:森林生态系统结构均匀性指数和结构稳定性指数乘积的开方。②人口压力指数。由区域人口密度和人均收入 2 项指标组成,人口密度越大,活动频率越高,森林被破坏潜力就大;人均收入越高,相对而言对森林的破坏越小。因此,越是贫困的区域对森林资源的依赖性就越强。③干扰森林生态系统的强度指数。森林生态系统的结构稳定性往往受到自然干扰和人为干扰的影响。淳安县森林干扰强度指数主要包括森林病虫害指数、森林火灾指数、森林采伐指数和区域无林地指数。计算方法分别为:森林病虫害发生面积/区域有林地面积、森林火灾受害面积/区域有林地面积、森林采伐面积/区域乔木林面积和(无立木林地面积+宜林地面积)/区域林业用地面积。

2.2.2 森林生态系统服务功能性指标

2.2.2.1 林副产品生产力指数 由木竹资源生产力和非木竹资源生产力指数组成。计算公式:①木竹资源生产力指数: $P_i = M_{pi} + Z_{pi} + A_{pi} + D_{pi} + E_{pi}$, 其中: $M_{pi} = M_i/M \times 10$, $A_{pi} = A_i/A \times 10$, $Z_{pi} = Z_i/Z \times 10$, $D_{pi} = D_i/D \times 10$, $E_{pi} = E_i/E \times 10$ 。其中: M_{pi} , A_{pi} , Z_{pi} , D_{pi} 和 E_{pi} 分别为某乡镇或林场的活立木蓄积生产力指数、林分平均蓄积量生产力指数、森林平均生长量生产力指数、采伐限额的商品材出材量生产力指数和毛竹生产力指数; M_i , A_i , Z_i , D_i 和 E_i 分别为 i 乡镇或林场活立木蓄积、林分平均蓄积量、森林平均年生长量、商品材出材量和毛竹立竹量; M , A , Z , D 和 E 分别为全县活立木蓄积平均数、林分平均蓄积量、森林平均年生长量(淳安县林木生长率为 10.2)、商品材平均出材量(采伐限额商品材以 2008 年淳安县政府计划为准)和平均立竹量。②非木竹资源生产力指数取乡镇、林场经济林面积与全县经济林平

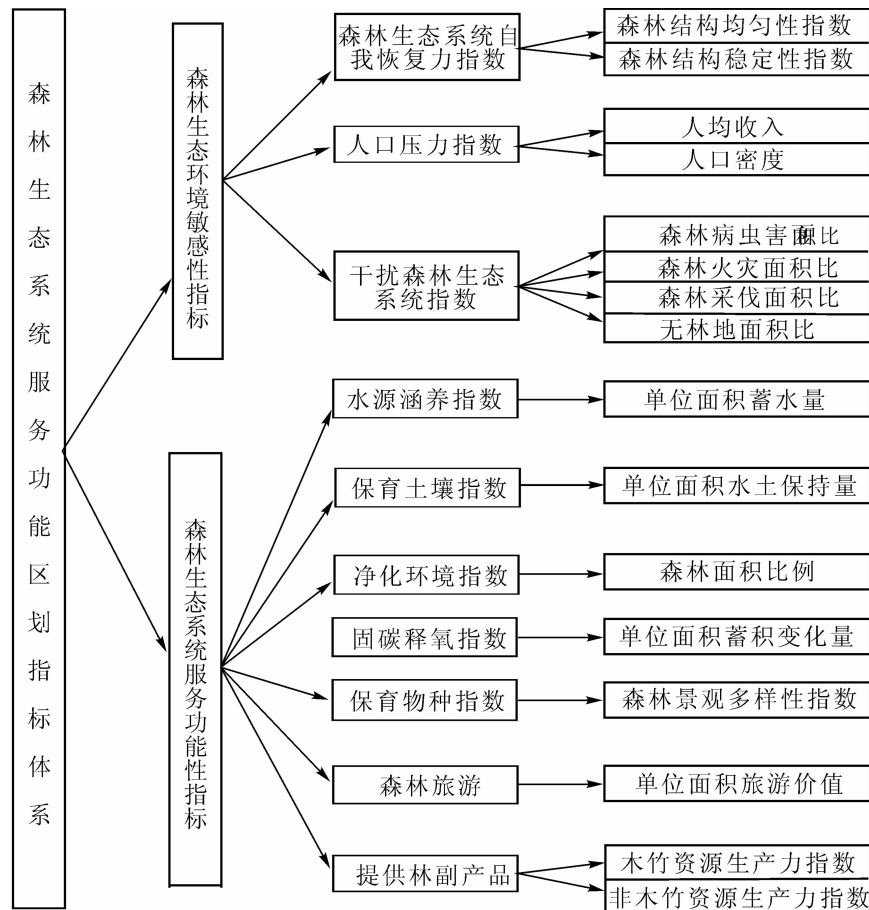


图 1 森林生态系统服务功能区划指标体系

Figure 1 Indexes system of division for forest ecosystem services

均面积的比值。

2.2.2.2 涵养水源指数 用森林单位面积蓄水量表示。根据水量平衡法求取各乡镇、林场的森林单位面积蓄水量，即涵养水源量=降水量-蒸散量。据美国学者研究表明，各类森林平均蒸散量占总降水量 65%，我国研究结果为 30%~80%。本研究采用“中国森林环境资源价值评价”中的 70%作为森林蒸散量占降水量的比例。

2.2.2.3 保育土壤指数 根据淳安县水利局提供的 2004 年水土流失和水土保持面积计算各乡镇、林场的保育土壤指数。计算公式为：保育土壤指数=乡镇水土保持面积/乡镇林业用地面积。

2.2.2.4 净化环境指数 根据森林生态系统净化环境功能价值的计算方法，净化环境功能主要取决于各类森林面积在区域中的比例。计算公式为：净化环境指数=区域有林地面积+灌木林面积/区域林业用地面积。

2.2.2.5 固碳释氧指数 根据森林固碳释氧服务价值计算方法，固碳释氧功能价值主要取决于森林年生长量，因此，用单位面积年蓄积变化量作为固碳释氧指数的计算依据。

2.2.2.6 森林旅游指数 目前淳安县森林旅游功能价值主要集中于千岛湖区，包括开发公司 16 个林场、县林业局所属林场和沿湖乡村，可用区划单元年旅游价值作为森林旅游功能指数。

2.2.2.7 景观多样性指数 区域森林景观异质性体现了生境的千差万别，景观异质性越高，说明生态系统多样性和物种多样性越丰富，计算方法参考文献[5]。

2.3 数据处理及分类方法

为了规范区划指标数据，首先利用公式 $I_{ij} = X_{ij}/R_i$ 对各项指标数据进行标准化处理，其中： I_{ij} 为第 j 个区划单元的第 i 个指标的指数， X_{ij} 为第 j 个区划单元的第 i 个指标的值， R_i 为第 i 个指标的参考值。然后运用多边形综合指标法计算各单元森林生态环境敏感性和生态系统服务功能性的综合指数，多边形综合指标法计算方法参考文献[6-9]。进而采用 SPSS 13.0 对森林生态环境敏感性和生态系统服务功能

性的综合指数进行 Q 型聚类分析, 度量标准为欧式距离平方^[10-11]。根据区域条件, 假设将森林生态环境敏感性和森林生态系统服务功能性各分为 3 类、4 类和 5 类等, 将 25 个区划单元的 7 个敏感性指标和 7 个服务功能性指标作为变量, 对上述不同聚类结果进行辨别分析, 再结合区域完整性确定分类结果。各指标数据和综合指标数据见表 1 和表 2。

表 1 森林生态环境敏感性评价指标

Table 1 Indexes of evaluating forest environmental sensitivity

| 区划单元 | 人口密度 | 人均收入正效指数 | 病虫害指数 | 火灾指数 | 采伐指数 | 无林指数 | 恢复力正效指数 | 综合指标 |
|------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 千岛湖镇 | 0.898 4 | 0.519 9 | 0.132 7 | 0.051 0 | 0.346 0 | 0.219 2 | 0.752 4 | 0.211 0 |
| 文昌镇 | 0.276 5 | 0.592 9 | 0.205 1 | 0.040 8 | 0.691 9 | 0.327 8 | 0.806 2 | 0.142 7 |
| 石林镇 | 0.148 3 | 0.584 5 | 0.157 1 | 0.000 0 | 0.383 9 | 0.306 1 | 0.934 2 | 0.102 9 |
| 临岐镇 | 0.401 7 | 0.623 4 | 0.134 0 | 0.020 4 | 0.611 4 | 0.857 3 | 0.744 9 | 0.258 7 |
| 威坪镇 | 0.741 8 | 0.863 4 | 0.416 7 | 0.030 6 | 0.601 9 | 0.576 0 | 0.796 2 | 0.346 8 |
| 姜家镇 | 0.571 7 | 0.742 8 | 0.382 7 | 0.020 4 | 0.417 1 | 0.184 1 | 0.750 3 | 0.195 6 |
| 梓桐镇 | 0.545 1 | 0.695 2 | 0.222 1 | 0.051 0 | 0.511 8 | 0.614 3 | 0.732 5 | 0.247 8 |
| 汾口镇 | 1.000 0 | 0.852 9 | 0.258 4 | 1.000 0 | 0.464 5 | 0.974 1 | 0.780 5 | 0.541 4 |
| 中洲镇 | 0.521 6 | 0.908 7 | 0.076 3 | 0.173 5 | 0.763 0 | 0.647 4 | 0.785 3 | 0.299 1 |
| 大墅镇 | 0.388 1 | 0.634 4 | 0.315 4 | 0.040 8 | 0.279 6 | 0.485 0 | 0.744 3 | 0.179 4 |
| 枫树岭镇 | 0.268 2 | 0.714 4 | 0.457 9 | 0.030 6 | 0.208 5 | 0.292 7 | 0.734 3 | 0.144 6 |
| 里商乡 | 0.185 3 | 0.646 8 | 0.323 5 | 0.010 2 | 0.540 3 | 0.115 8 | 0.997 6 | 0.101 4 |
| 金峰乡 | 0.177 9 | 0.794 4 | 0.067 5 | 0.000 0 | 1.000 0 | 0.339 2 | 0.936 9 | 0.145 5 |
| 富文乡 | 0.239 0 | 0.752 9 | 0.069 4 | 0.000 0 | 0.578 2 | 0.305 1 | 0.937 5 | 0.131 2 |
| 左口乡 | 0.290 0 | 0.818 6 | 0.238 9 | 0.000 0 | 0.336 5 | 0.340 2 | 0.803 7 | 0.150 6 |
| 屏门乡 | 0.341 5 | 0.748 7 | 0.332 2 | 0.010 2 | 0.473 9 | 0.287 5 | 0.788 9 | 0.164 2 |
| 瑶山乡 | 0.329 3 | 0.699 6 | 0.404 7 | 0.020 4 | 0.549 8 | 0.838 7 | 0.842 1 | 0.285 0 |
| 王阜乡 | 0.487 1 | 1.000 0 | 0.367 8 | 0.000 0 | 0.241 7 | 0.231 6 | 0.826 1 | 0.208 2 |
| 宋村乡 | 0.364 6 | 0.974 5 | 0.047 0 | 0.081 6 | 0.502 4 | 0.286 5 | 0.789 9 | 0.160 2 |
| 鸠坑乡 | 0.348 9 | 0.911 2 | 0.149 0 | 0.000 0 | 0.099 5 | 1.000 0 | 0.736 1 | 0.221 1 |
| 浪川乡 | 0.806 4 | 0.725 1 | 0.163 2 | 0.530 6 | 0.407 6 | 0.236 8 | 0.724 9 | 0.264 8 |
| 界首乡 | 0.319 7 | 0.763 4 | 0.133 8 | 0.000 0 | 0.232 2 | 0.719 8 | 1.000 0 | 0.221 8 |
| 安阳乡 | 0.355 0 | 0.712 1 | 0.094 9 | 0.010 2 | 0.303 3 | 0.250 3 | 0.768 7 | 0.123 7 |
| 林场 | 0.000 0 | 0.000 0 | 0.248 8 | 0.000 0 | 0.104 3 | 0.111 7 | 0.753 3 | 0.013 7 |
| 开发公司 | 0.000 0 | 0.000 0 | 1.000 0 | 0.000 0 | 0.284 4 | 0.093 1 | 0.742 8 | 0.013 4 |

表 2 森林生态系统服务功能性评价指标及综合指标

Table 2 Importance evaluation indexes and composite index of forest eco-system services

| 区划单元 | 涵养水源指数 | 保育土壤指数 | 固碳制氧指数 | 净化环境指数 | 景观多样性指数 | 林副产品生产 力指数 | 森林旅游指数 | 综合指标 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|---------|---------|
| 千岛湖镇 | 0.815 7 | 0.866 7 | 0.439 6 | 0.767 0 | 0.972 5 | 0.374 0 | 0.486 6 | 0.410 0 |
| 文昌镇 | 0.824 9 | 0.935 3 | 0.329 6 | 0.768 7 | 0.866 5 | 0.328 6 | 0.090 8 | 0.341 3 |
| 石林镇 | 0.878 0 | 0.934 9 | 0.705 3 | 0.886 0 | 0.824 0 | 0.455 3 | 0.105 9 | 0.478 8 |
| 临岐镇 | 0.949 8 | 0.798 8 | 0.395 0 | 0.773 6 | 0.945 9 | 0.504 6 | 0.000 0 | 0.322 2 |
| 威坪镇 | 0.934 9 | 0.738 2 | 0.523 6 | 0.735 0 | 0.947 7 | 0.601 6 | 0.075 5 | 0.406 3 |
| 姜家镇 | 0.919 3 | 0.884 2 | 0.564 8 | 0.812 5 | 0.944 9 | 0.398 5 | 0.094 1 | 0.434 2 |

表 2(续)

| 区划单元 | 涵养水源指数 | 保育土壤指数 | 固碳制氧指数 | 净化环境指数 | 景观多样性指数 | 林副产品生产 力指数 | 森林旅游指数 | 综合指标 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|---------|---------|
| 梓桐镇 | 0.808 4 | 0.848 3 | 0.392 4 | 0.815 1 | 0.940 8 | 0.286 1 | 0.123 3 | 0.358 5 |
| 汾口镇 | 0.921 6 | 0.901 6 | 0.482 2 | 0.634 1 | 0.975 1 | 0.401 7 | 0.113 9 | 0.370 6 |
| 中洲镇 | 0.921 6 | 0.891 2 | 0.517 5 | 0.803 2 | 0.958 0 | 0.579 7 | 0.000 0 | 0.401 6 |
| 大墅镇 | 0.959 0 | 0.965 7 | 0.424 7 | 0.785 9 | 1.000 0 | 0.641 9 | 0.035 2 | 0.442 5 |
| 枫树岭镇 | 0.917 8 | 0.924 2 | 0.592 8 | 0.785 7 | 0.997 8 | 0.989 9 | 0.070 0 | 0.485 1 |
| 里商乡 | 1.000 0 | 0.973 2 | 0.580 9 | 0.914 8 | 0.754 6 | 0.525 7 | 0.112 0 | 0.475 4 |
| 金峰乡 | 0.819 3 | 0.875 2 | 0.351 1 | 0.850 6 | 0.798 9 | 0.129 6 | 0.046 1 | 0.369 0 |
| 富文乡 | 0.640 4 | 1.000 0 | 0.384 6 | 0.805 6 | 0.841 5 | 0.271 9 | 0.000 0 | 0.320 2 |
| 左口乡 | 0.836 0 | 0.846 4 | 0.238 1 | 1.000 0 | 0.899 9 | 0.217 4 | 0.115 9 | 0.337 9 |
| 屏门乡 | 0.911 9 | 0.712 9 | 0.404 3 | 0.811 4 | 0.913 5 | 0.412 1 | 0.000 0 | 0.340 6 |
| 瑶山乡 | 0.987 5 | 0.853 6 | 0.310 8 | 0.717 4 | 0.845 1 | 0.321 0 | 0.000 0 | 0.315 5 |
| 王阜乡 | 0.830 8 | 0.812 4 | 0.310 9 | 0.719 9 | 0.939 8 | 0.366 1 | 0.000 0 | 0.310 3 |
| 宋村乡 | 0.823 0 | 0.911 3 | 0.367 9 | 0.791 6 | 0.920 7 | 0.186 7 | 0.040 2 | 0.331 1 |
| 鸠坑乡 | 0.934 9 | 0.728 5 | 0.349 0 | 0.720 5 | 0.790 2 | 0.158 9 | 0.102 0 | 0.284 8 |
| 浪川乡 | 0.920 5 | 0.915 7 | 0.551 2 | 0.739 9 | 0.985 3 | 0.296 9 | 0.000 0 | 0.401 7 |
| 界首乡 | 0.815 7 | 0.875 4 | 0.442 9 | 0.780 4 | 0.765 7 | 0.205 2 | 0.286 7 | 0.356 4 |
| 安阳乡 | 1.000 0 | 0.994 9 | 0.538 2 | 0.807 6 | 0.970 7 | 0.547 2 | 0.061 1 | 0.481 0 |
| 林业局林场 | 0.815 7 | 0.989 2 | 0.771 5 | 0.866 7 | 0.915 5 | 0.393 9 | 0.267 0 | 0.530 8 |
| 县开发公司 | 0.815 7 | 0.928 9 | 1.000 0 | 0.981 5 | 0.929 5 | 1.000 0 | 1.000 0 | 0.664 4 |

3 结果与分析

3.1 森林生态环境敏感性分类

聚类和判别分析结果表明:森林生态环境敏感性分为 3 类、4 类和 5 类时的辨别率分别为 92%，96%和 100%。虽然，从分类的角度考虑分得越细越能显现敏感性空间异质性的驱动因素，但从实施角度出发，还需考虑空间完整性、易管理及林业自然区划结果。根据辨认分析结果，分 5 类的辨别率达到了 100%，但区划单元在地理空间上的分布十分零散，难以施行分区操作和管理，且与淳安县林业自然区划结果区别较大，而林业自然生长条件(如气候、土壤等)对森林的敏感性影响很大。分为 4 类时的辨别率虽小于 5 类，但每个区的地理空间的完整，便于管理，与林业自然区划结果基本吻合。因此，本研究将森林生态环境敏感性分为 4 个类型，聚类结果如图 2。

I 类为林业局林场、开发公司。此类敏感性指数为 0.013 4 ~ 0.013 7，属于森林敏感性弱类型。II 类为文昌镇、石林镇、枫树岭镇、

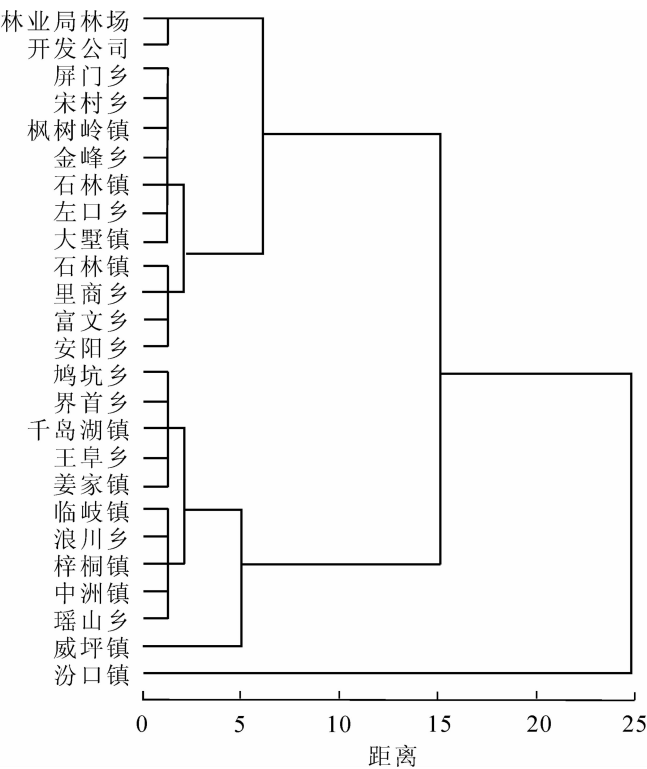


图 2 森林生态环境敏感性的聚类图
Figure 2 Cluster of forest ecological environment sensitivity

金峰乡、左口乡、富文乡、安阳乡、宋村乡、里商乡、大墅镇和屏门乡。此类敏感性指数为 0.101 4 ~ 0.179 4, 属于森林敏感性较弱类型。Ⅲ类为千岛湖镇、临歧镇、姜家镇、梓桐镇、威坪镇、瑶山乡、中洲镇、王阜乡、界首乡、鸠坑乡、浪川乡和威坪镇。此类敏感性指数为 0.195 6 ~ 0.346 8, 属于森林敏感性较强类型。Ⅳ类为汾口镇。敏感性指数为 0.541 4, 为森林敏感性强类型。

3.2 森林生态系统服务功能性分类

聚类和判别分析结果表明, 森林生态系统服务功能性分 3 类、4 类和 5 类时的判别率分别为 100%, 96% 和 92%。森林生态系统服务功能性分类的目的是找出导致区域森林生态系统服务功能的空间异质性的驱动原因。虽然, 分为 3 类的判别率达到了 100%, 但是, 在区划结果里有 2 个区仅有 1 个镇, 其余的镇为 1 个区, 难以体现功能的空间异质性。而分为 4 类时, 不仅保持了较好的空间完整性, 且分辨率较高, 易于管理, 与淳安县森林植被的分布图基本吻合, 符合实际。因此, 将区域森林生态系统服务功能性分为 4 个类型, 聚类结果如图 3。

Ⅰ类为开发公司。该类服务功能性综合指数达到 0.664 4, 属于最强的。Ⅱ类为石林镇、枫树岭镇、里商乡、安阳乡和林业局林场。该类服务功能性指数为 0.475 4 ~ 0.530 8, 属于较强的。Ⅲ类为千岛湖镇、威坪镇、姜家镇、大墅镇、中洲镇和浪川乡。该类服务功能性指数为 0.401 6 ~ 0.442 5, 属于较弱的。Ⅳ类为文昌镇、临歧镇、梓桐镇、金峰乡、左口乡、屏门乡、瑶山乡、王阜乡、宋村乡、富文乡、鸠坑乡、界首乡和汾口镇。该类综合服务功能性指数介于 0.310 3 ~ 0.369 0, 属于最弱的。

3.3 森林生态系统服务功能区划结果

综合以上分析: 森林生态环境敏感性和森林生态系统服务功能性都选择划分 4 个类型为最适宜的分类数, 且大多数区划单元的敏感性越弱, 生态环境质量越好, 服务功能越强。因此, 以森林生态系统服务功能性分类结果作为功能分区基础, 对少数森林生态环境敏感性较弱、生态环境质量较好、服务功能指数较低, 或者生态环境敏感性较强、生态环境质量较差、服务功能指数较高的非正常单元, 则按照功能区自然区域完整性和发展方向一致的原则, 调整到相应的功能类型, 形成县级森林生态系统服务功能分区方案。功能区命名由地理位置+地形地貌+主导功能组成, 主导功能以区域功能结构之间比例最大的优势功能种类或主要生态威胁为主, 全县共区划 4 个功能区(图4)。Ⅰ区为东北低山高丘水土保持与用材、果树林功能区。

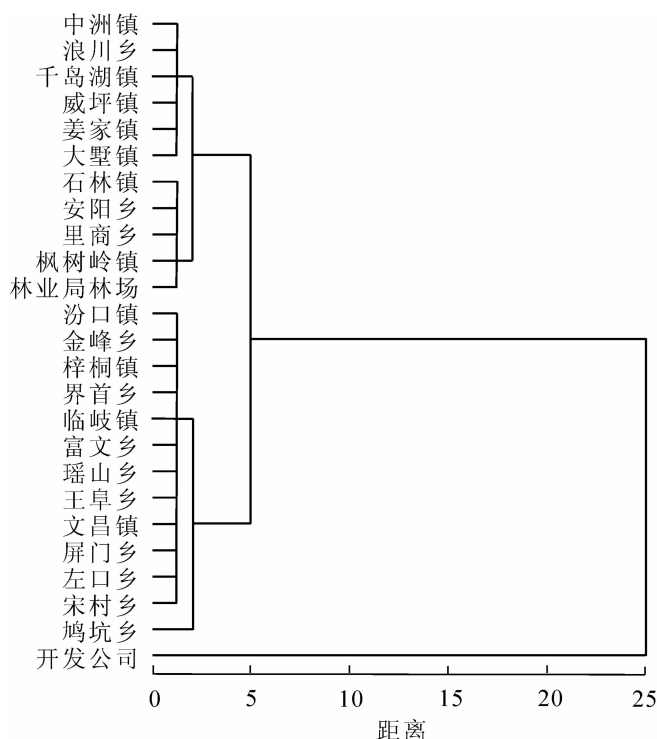
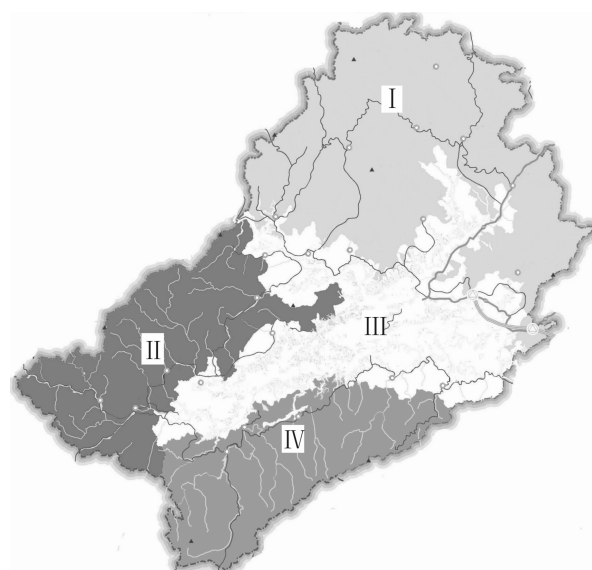


图 3 森林生态系统服务功能性聚类图

Figure 3 Classified results of importance for forest ecosystem services



Ⅰ 东北低山高丘水土保持与用材、果树林功能区
Ⅱ 西北丘陵山地水源涵养与经济林功能区
Ⅲ 中部千岛湖森林碳汇与风景旅游功能区
Ⅳ 南部中低山水源涵养与用材、竹笋兼用功能区

图 4 淳安县森林生态系统服务功能区划图

Figure 4 Classified results of forest ecosystem services in Chun'an

Ⅱ区为西北丘陵山地水源涵养与经济林功能区。Ⅲ区为中部千岛湖森林碳汇与风景旅游功能区。Ⅳ区为南部中低山水源涵养与用材、竹笋兼用功能区。

4 结论与讨论

4.1 结论

根据以上分区结果,依据表 2 和表 3,分别计算Ⅰ区、Ⅱ区、Ⅲ区和Ⅳ区综合指数平均值。结果显示:森林生态环境敏感性综合指数平均值为 0.200 4, 0.284 5, 0.013 5 和 0.130 4, 森林生态环境质量排序为Ⅲ区>Ⅳ区>Ⅰ区>Ⅱ区。森林生态系统服务功能性综合指数平均值为 0.345 8, 0.372 5, 0.597 6, 0.472 6, 森林生态系统服务功能排序为Ⅲ区>Ⅳ区>Ⅱ区>Ⅰ区。其中:保育土壤指数平均值为 0.849 8, 0.863 5, 0.959 1, 0.958 6, 排序为Ⅲ区>Ⅳ区>Ⅱ区>Ⅰ区;涵养水源指数平均值为 0.852 2, 0.891 7, 0.815 7, 0.951 0, 排序为Ⅳ区>Ⅱ区>Ⅰ区>Ⅲ区(中部地区常年雨量偏少所致);固碳释氧指数平均值为 0.368 7, 0.471 4, 0.885 7, 0.568 4, 排序为Ⅲ区>Ⅳ区>Ⅱ区>Ⅰ区;木竹资源生产力指数平均值为 0.290 9, 0.281 3, 0.699 3, 0.599 2, 排序为Ⅲ区>Ⅳ区>Ⅰ区>Ⅱ区;非木竹资源生产力指数平均值为 0.442 2, 0.319 3, 0.148 2, 0.300 6, 排序为Ⅰ区>Ⅱ区>Ⅳ区>Ⅲ区;森林旅游指数平均值为 0.077 7, 0.102 8, 0.633 5, 0.076 8, 排序为Ⅲ区>Ⅱ区>Ⅰ区>Ⅳ区。可见,森林生态环境敏感性与森林生态系统服务功能性的空间差异基本一致,各种功能的地理空间差异符合淳安实际,依此划分功能区有利于分区指导,分类经营,根据功能结构的空间差异确定主导功能和发展方向,达到物以类聚、物尽其用,实现区域森林资源最优组合,功能结构最佳布局和功能价值最大发挥。

4.2 讨论

4.2.1 区划单元规模 森林生态系统是指在一定林地面积上的所有生物构成的一种不可相互分离的功能单位,它占据一定空间,有一定的生物种群。基于森林生态系统服务功能的县级林业区划单元规模应该根据系统自身特征来确定,但究竟以多少面积为一个区划单位,目前国内外尚无定论。本项目区有 23 个乡镇、425 个行政村、21 个国有林场,行政村森林面积大小悬殊,面积少的不到 66.7 hm²,多的 666.7 hm²,如果以行政村、林场为区划单元,不仅指标计算工作量大,而且没有可比性,聚类结果凌乱,达不到区划的目的。从淳安实践来看,区划单元宜大不宜小,一般以乡镇为单元,面积 6 666.7 hm² 以上较为合适。但对于生态区位特别重要的千岛湖湖区,为强化千岛湖生态环境保护,在聚类基础上纳入部分湖区行政村有利于保持流域发展方向的一致性,提高区划实用性和可操作性。

4.2.2 指标数据采集 影响森林生态环境敏感性和森林生态系统服务功能的因子很多,各地森林类型、森林质量和生态环境差异也较大,区划指标不可能也不应该一律化。应选取最符合本地实际,对本地生态环境和森林生态系统服务功能影响最大的因子组成区划指标体系,有利于提高区划成果的应用价值。指标数据的采集方式和途径国内外也不尽相同,如水源涵养指数、保育土壤指数。本研究是根据水量平衡法和水土保持面积求取的,这是区域现有信息条件下采用的一种方法。如果监测技术条件允许,依据森林类型单位面积蓄水量和单位面积土壤侵蚀模数求取各单元的水源涵养和保育土壤指数,可能更为科学准确。

4.2.3 聚类结果处理 研究表明:只要区划指标数据准确可靠,森林生态环境敏感性与森林生态系统服务功能性聚类结果是基本一致的,即敏感性指数越低,服务功能指数越高,区划指数聚类结果与流域完整性也基本吻合。但在同一流域内,也有少数乡镇功能指数聚类类型与多数乡镇聚类类型存在不一致的现象,这就需要在聚类的基础上作适当调整,可以将同一流域内聚类类型相邻、发展方向一致的单元区划为同一功能区,这是从保持区域完整性角度出发采取的处理方法。从严格的聚类意义来说,是不考虑区域完整性和单元连接性因素的,完全按聚类结果进行功能分区,这是一种零处理的方法,针对性、科学性可能比前者更强,但不利于流域发展方向的一致性。总之两者各有利弊,可以择而用之。

参考文献:

[1] 陆文昌,甘敬. 21 世纪森林经理发展动态[J]. 世界林业研究, 2002, 15 (1): 1 - 11.

LU Wenchang, GAN Jin. Development of forest management in the 21st Century [J]. *World For Res*, 2002, 15 (1): 1 -

- 11.
- [2] 傅伯杰, 陈利顶, 刘国华. 中国生态区划的目的、任务及特点[J]. 生态学报, 1999, **19** (5): 591 – 595.
FU Bojie, CHEN Liding, LIU Guohua. The objectives, tasks and characteristics of China ecological regionalization [J]. *Acta Ecol Sin*, 1999, **19** (5): 591 – 595.
- [3] 郑度, 葛全胜, 张雪芹, 等. 中国区划工作的回顾与展望[J]. 地理研究, 2005, **24** (3): 330 – 337.
ZHENG Du, GE Quansheng, ZHANG Xueqin, *et al.* Regionalization in China: retrospect and prospect [J]. *Geogr Res*, 2005, **24** (3): 330 – 337.
- [4] 王祖华, 蔡良良, 吴庆伟, 等. 淳安县森林生态系统服务价值评估[J]. 浙江林学院学报, 2010, **27** (5): 757 – 761.
WANG Zuhua, CAI Liangliang, WU Qingwei, *et al.* Evaluation of forest ecosystem services in Chun'an County [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, **27** (5): 757 – 761.
- [5] 苏宝玲, 佟耕, 范业展, 等. 沈阳城市绿地系统的景观生态评价[J]. 生态学杂志, 2010, **29** (8): 1599 – 1604.
SU Baoling, TONG Geng, FAN Yezhan, *et al.* Landscape ecological evaluation of urban greenland system in Shengyang [J]. *Chin J Ecol*, 2010, **29** (8): 1599 – 1604.
- [6] 李锋, 王如松. 城市绿地系统的生态服务功能评价、规划与预测研究: 以扬州为例[J]. 生态学报, 2003, **23** (9): 1929 – 1934.
LI Feng, WANG Rusong. Evaluation, planning and prediction of ecosystem services of urban green space: a case study of Yangzhou City [J]. *Acta Ecol Sin*, 2003, **23** (9): 1929 – 1934.
- [7] 万年锋, 蒋杰贤, 季香云. 多边形综合指数法在上海市设施菜田农药减量技术评估中的应用[J]. 环境科学学报, 2008, **28** (3): 582 – 588.
WAN Nianfeng, JIAN Jiexian, JI Xiangyun. Application of polygon synthesis for pesticide reduction evaluation in protected horticultural vegetable fields in Shanghai [J]. *Acta Sci Circumstantiae*, 2008, **28** (3): 582 – 588.
- [8] 吴琼, 王如松, 李宏卿, 等. 生态城市指标体系与评价方法[J]. 生态学报, 2005, **25** (8): 2090 – 2095.
WU Qiong, WANG Rusong, LI Hongqing, *et al.* The indices and the evaluation method of eco-city [J]. *Acta Ecol Sin*, 2005, **25** (8): 2090 – 2095.
- [9] 刘滨谊, 姜允芳. 中国城市绿地系统规划评价指标体系的研究[J]. 城市规划汇刊, 2002 (2): 27 – 29.
LIU Binyi, JIANG Yunfang. The inclined errors and countermeasures of urban green space system planning in China: the research on indices system of the urban green space system planning [J]. *Urban Plann Forum*, 2002 (2): 27 – 29.
- [10] 薛薇. 统计分析与SPSS的应用[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2001.
- [11] 楼崇, 祝国民. 浙江省竹林生态区划研究[J]. 浙江林学院学报, 2007, **24** (6): 741 – 746.
LOU Chong, ZHU Guomin. Ecological regionalization for bamboo in Zhejiang Province [J]. *Zhejiang For Coll*, 2007, **24** (6): 741 – 746.