

基于地学信息图谱的福建省生态环境结构类型研究^{*}

陈 菁¹, 徐永辉¹, 廖 克²

(1. 莆田学院 环境与生命科学系, 福建 莆田 351100; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要:以福建省为例,以遥感影像、统计资料为基础数据,基于地学信息图谱的方法论,运用最小方差法和 GIS 技术进行生态环境结构类型的划分,最终确立一个由 3 个生态环境结构系列和 10 个结构类型构成的福建省生态环境信息图谱结构类型分类系统。最后对福建省的生态环境结构类型的地理分布、区域分异和成因进行了分析和探讨。

关键词:福建省; 生态环境; 地学信息图谱; 结构类型

中图分类号: X171.1; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0139-04

Study on the Eco-environment Structure of Fujian Province Based on Geo-information Tupu

CHEN Jing¹, XU Yong-hui¹, LIAO Ke²

(1. Department of Environmental and Life Sciences, Putian University, Putian, Fujian 351100, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Taking Fujian province as an example, based on remote sensing, GIS spatial analysis, statistical analysis model and the theory of Geo-information Tupu, the eco-environment structure is classified by means of Least Square Error and GIS technology. Furthermore, by combining qualitative analysis and quantitative analysis, a scheme of classification, with three series and ten styles of eco-environment structure is set up. At the end, this paper systematically discusses the main styles of eco-environment structure characters, the rules of territorial distribution and the utilization perspective.

Key words: Fujian province; eco-environment; Geo-information Tupu; structure types

生态环境是人类赖以生存和发展的空间,是区域可持续发展的核心与基础^[1]。生态环境结构是指在特定区域内,在地域分异规律作用下,各种生态环境类型面积占区域总面积的比重。生态环境及其资源能否实现可持续利用,不仅取决于各类生态环境的利用是否合理、高效,还取决于不同生态环境利用类型间的组合关系的合理性,即生态环境结构的合理性。而信息图谱是用数字化、系列化的图形图像揭示客观事物和现象空间结构特征与时空变化规律的一种方法与手段^[2-4]。以福建省为研究案例,以遥感影像、统计资料为基础数据,运用最小方差法进行生态环境结构类型的划分,建立全省县域生态环境结构类型分类系统;在 GIS 技术支持下,将生态环境结构类型与地学信息图谱相结合,建立生态环境

信息图谱的结构类型。将生态环境结构类型谱系化,发挥信息图谱数据挖掘、知识发现的特长,进一步深化生态环境结构类型内在规律的挖掘和多维表达。为探索区域生态环境变化成因、过程、预测未来趋势及环境影响提供科学依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

福建省位于我国的东南沿海。由于地处低纬度,又面临太平洋,具有南亚热带和中亚热带海洋性季风气候的特征,年平均气温 17~22℃。具有发展热带亚热带经济作物、林木和水生生物的良好生态环境。全省地势西北高,东南低,地貌以山地、丘陵为主,约占土地总面积 89.5%,平原河谷仅占土地

^{*} 收稿日期: 2008-10-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(40371096);福建省青年科技人才创新项目(2006F3110);福建省教育厅项目(JA08202);莆田学院基金项目(2005013)

作者简介: 陈菁(1971-),女,福建莆田人,副教授,博士,主要从事资源环境与地学信息图谱等的研究。E-mail: chenjing1106@126.com

面积的 10.5%,有“东南山国”之称。由武夷山脉、杉岭山脉和仙霞岭山脉组成的闽西北大山带,与由鹫峰山脉、博岭山脉、戴云山脉组成的闽中大山带,大体上平行斜贯全境。境内河谷和盆地镶嵌其间,加上南亚热带和中亚热带海洋性季风气候,降水充沛,形成了复杂多样的小气候,造就了全省不同结构类型的生态环境^[5]。

1.2 数据来源与数据处理

本研究利用 2006 年 TM 和 ETM 遥感影像为主要数据源,经过图像校正、配准、增强和裁剪等处理后,通过不同波段的组合,即利用 TM5(红)、TM4(绿)、TM3(蓝)波段进行假彩色合成,形成接近自然地貌的自然景观图。结合 2004 年土地利用现状图、社会经济统计数据及专题地图,在 GIS 的支持下基于专家知识的背景下进行全省生态环境类型的解译和分类,其中包括:森林、农田、草地、人工建筑、水域、稀疏或无植被 6 种生态环境类型^[6],提取生成福建省生态环境类型图。在 ARC/INFO 中进行叠置分析、自动制图输出,提取以县域为单位的各县(市)的各种生态环境类型的面积。在 Excel 中完成各类指标的统计和运算。

1.3 分类方法选择

福建省生态环境结构类型分类遵循系统性、科学性和实用性的原则^[7]。系统性原则是对各个县域采用统一系统的指标和分类体系;科学性原则是依据归纳一致性、区别差异性的原理,从总体到局部、从大到小逐级细分,形成一个上下联系、逻辑分明的科学分类体系^[8];实用性原则即类型的划分除了要如实地反映自然、经济和社会条件等方面的相似性和差异性外,还需要考虑生态环境存在问题及今后治理、保护

和建设方向的一致性,以便制定相应的措施,促进区域的可持续发展^[9]。进行生态环境结构类型分类可采用的方法有很多,如叠置法^[10-12]、聚类分析法^[13-14]、判别分析法^[15-16]和最小方差法^[8,17]。叠置法比较直观,易于说明不同类型的组合,但一般用于比较宏观的分区,结论可靠性较差;聚类分析法实现分类的数量化,在一定程度上克服了主观因素的影响,但由于距离或相似系数的计算和聚类方法都有多种方案,使得结果差异比较显著;判别分析法遵循判别式为线性函数的基本假定,能够定量地体现多因子的综合作用,但是自然的系统各要素之间的关系存在非线性的多种可能性,从而影响了分类结果的精度;最小方差法通过对实际方差值与理论方差值的对比分析,可以直观地判定样本的类别归属,计算简单、意义明确。因此本文选用最小方差法作为划分福建省生态环境信息图谱结构类型的基本方法。

2 生态环境信息图谱结构类型的确定

2.1 利用最小方差法定量划分生态环境结构类型

福建省生态环境结构类型划分的定量过程,是将生态环境类型的现状提取图和相关统计数据进行分析,经过计算建立以县为单元的各种生态环境类型之间的比例关系,并以相关假设结构百分比矩阵来判定其类型归属^[17]。

采用最小方差法进行分类是按生态环境结构的现实组合比例与相应假设的判定比例加以对比分析来实现的。因此,第一步计算求得福建省各县域的 6 种生态环境类型的组合比例,进而对所得的比例按照由大到小顺序构成相应的序列。计算结果如表 1 所示。

表 1 福建生态环境结构排序表

县名	排序 1	排序 2	排序 3	排序 4	排序 5	排序 6
福州市辖区	0.557685	0.161758	0.102558	0.090303	0.087697	0
闽侯县	0.650282	0.158242	0.083257	0.069129	0.03895	0.000141
...
连城县	0.857787	0.07621	0.02686	0.026092	0.01293	0.000121

为确立某县生态环境结构类型,还需按生态环境组合的假设百分比分布来建立相关矩阵,以便于对生态环境结构类型的划分提供参照体系。本次分类采用 6 个生态环境类型,因此,在理论上有 6 类土地利用结构类型,其组合结构分类假设百分比分布矩阵如表 2 所示。

在数理统计中,方差法是反映样本中数据离散程度大小的一种方法,其公式如式(1):

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \tag{1}$$

式中: S^2 ——方差; x_i ——样本数据; \bar{x} ——样本的平均值; n ——样本数。方差反映了样本数据 x_i 围绕平均数 \bar{x} 变化的情况。方差值越小,数据越靠近平均值,离散程度越小;方差值越大,数据离平均值越远,离散程度越大。在方差中最小的那个数,称为最小方差。因为最小方差是实际分布与理论分布之间

偏差最小的数,因而它能反映一个地方生态环境的实际情况。

表 2 生态环境结构分类假设百分比分布矩阵 %

类别	6 种生态环境类型的假设百分比分布矩阵 T_{ij}					
第 1 类	100	0	0	0	0	0
第 2 类	50	50	0	0	0	0
第 3 类	33.33	33.33	33.33	0	0	0
第 4 类	25	25	25	25	0	0
第 5 类	20	20	20	20	20	0
第 6 类	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7	16.7

研究过程中,利用方差公式,计算各个县域每类生态环境组合结构假设百分比分布和实际百分比分布之差的平方和(N),其具体公式如下:

$$N = (T_{ij} - T_{ij})^2$$

(2)

将式(2)所求出的平方和与 6 种假设县域生态环境组合结构分类标准逐一比较,找出其最小值。因为只有当这种平方和愈趋于 0 时,说明这个地方生态环境的实际分布最接近这种理论分布,用相应的假设百分比分布的近似性来确定县域的生态环境组合类型才最为合理。所以,该值($\min N$)决定了各

表 4 福建省生态环境信息图谱结构类型系统

代码	生态环境结构类型	面积/ km^2	占全省面积/%	县域个数
S	以森林为主的结构系列	120834.9	98.53	63
Ss	以森林为主的单一结构	90188.14	73.54	43
Ssn	以森林为主、农田为辅的双重结构类型	6744	5.5	4
Ssw	以森林为主、水域为辅的双重结构类型	4549	3.71	2
Ssj	以森林为主、居民地为辅的双重结构类型	1043	0.85	1
Ssx	以森林为主、稀疏或无植被为辅的双重结构类型	4605	3.75	1
Ssnj	以森林为主、农田和居民地为辅的三重结构类型	4778.88	3.9	3
Ssnx	以森林为主、农田和稀疏或无植被为辅的三重结构类型	5777	4.71	3
Ssy	以森林为主的复合结构类型	3149.83	2.57	6
N	以农田为主的结构系列	1635.29	1.33	3
Nny	以农田为主的复合结构类型	1635.29	1.33	3
J	以居民地为主的结构系列	159.9	0.13	1
Jjnw	以居民地为主、农田和水域为辅的三重结构类型	159.9	0.13	1

3 福建省生态环境信息图谱结构类型的特征分析

3.1 生态环境信息图谱结构类型的地理分布

根据表 3、表 4 以及图 1,利用 GIS 技术平台可得出福建省生态环境信息图谱结构类型的分布图(如附图 6)。

(1) 以森林为主的结构系列是其主要组分,共有面积 $120\,834.9\text{ km}^2$,占全省面积的 98.53%。其中

县域生态环境的组合类型。即:

$$\min N = \min (T_{ij} - T_{ij})^2$$

(3)

在此基础上将计算结果与各个县域生态环境现状进行对比分析,从而得到福建省县域生态环境结构类型的分类结果(表 3)。

表 3 福建省生态环境结构类型的分类结果

编号	县(市)名	以几种类型为主	分类结果
1	福州市辖区	2	森林 - 居民用地
2	闽侯县	2	森林 - 农田
...
67	连城县	1	森林

2.2 福建省生态环境信息图谱结构分类系统的确定

分类结果采用两层分类命名方式,第一层次根据生态环境的类型划分,包括:森林(s)、农田(n)、水域(w)、居民地(j)、稀疏或无植被(x)、草地(c)6 种类型。第二层次采用单一结构类型、双重结构类型、三重结构类型和复合结构类型,它们分别代表了以 1 种、2 种、3 种或多种生态环境类型为主而以其它类型为辅的生态环境结构。福建省生态环境信息图谱结构类型分类结果如表 4,并根据分类结果做统计图(图 1)。

以森林为主的单一结构共有面积 $90\,188.14\text{ km}^2$,占全省面积的 73.54%,主要分布在福州市、泉州市和宁德市的西北部、漳州市的北部及三明市、南平市和龙岩市的大部分县市。这些县市是福建省主要的木材储备基地。

以森林为主的双重结构、以森林为主的三重结构和以森林为主的复合结构主要分布在福建省的沿海县市,共有面积 $27\,496.28\text{ km}^2$,占全省面积的 22.42%。这是福建省生态环境结构类型最多样化、社会经济发展速度最快的区域。

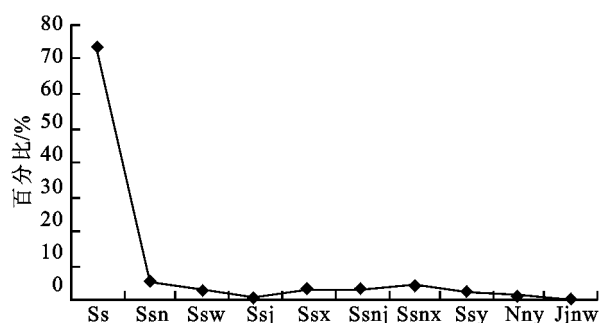


图 1 不同生态环境信息图谱结构类型所占百分比

(2) 以农田为主的复合结构类型共有面积 1 635.29 km², 占全省主要面积的 1.33%, 主要分布在平潭县、惠安县和晋江市 3 个县市。

(3) 以居民地为主、农田和水域为辅的三重结构类型只有石狮市一个城市, 共有面积 159.9 km², 占全省面积的 0.13%。这主要是由于石狮市是全省城市化程度最高的县市。

3.2 福建省生态环境信息图谱结构类型的区域分异

福建省生态环境信息图谱结构类型在空间上分布呈现出从沿海向西北内陆山区下降的趋势, 沿海地区的泉州市、漳州市、宁德市、福州市、莆田市和厦门市 6 个地级市, 土地面积共有 55 195.038 km², 占全省面积 44.71%, 其生态环境信息图谱的结构类型却占全省的 90.5%。而内陆地区的南平市、三明市和龙岩市三个地级市, 土地面积 68 237.446 km², 占全省的 55.29%, 其生态环境信息图谱的结构类型只占全省的 9.5%。这说明福建省沿海地区生态环境综合信息图谱结构类型明显高于内陆。福建省各地市的生态环境信息图谱结构类型的构成如图 2。

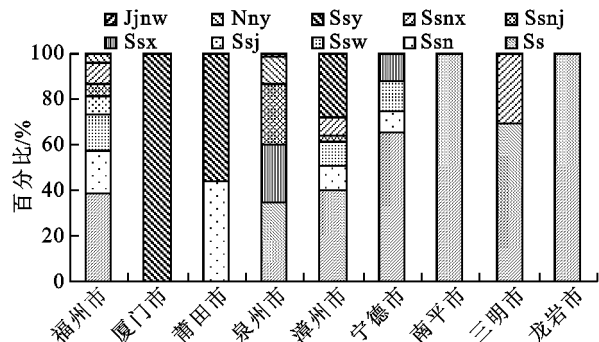


图 2 福建省生态环境信息图谱结构类型的区域分异比较图

3.3 生态环境综合信息图谱结构类型的成因分析

沿海地区生态环境综合信息图谱结构类型呈多样化, 而内陆大多数以单一的森林为主。其生成从地貌上主要是由于沿海地区分布有福建省最主要的冲积、海积平原如: 兴化平原、泉州平原、漳州平原等。内陆多为高丘和中低山 (如附图 7)。水资源在沿海和内陆的分配也严重不均, 在相同降水量的情况下沿海地区蒸发量远大于内陆区域 (如附图 8),

则可利用水资源较少, 不利于森林的生长、发育; 内陆地区受多山多丘陵地貌的影响, 降水量丰富, 蒸发量较小, 适合森林等植被的生长。另一方面, 沿海地区受人类活动的影响比较深刻, 随着改革开放, 社会经济迅速发展, 人口十分密集、城镇化速度快, 使人类在对生态环境的利用类型呈现越来越多样化的趋势。因此, 沿海地区的生态环境信息图谱结构类型远比内陆地区的生态环境信息图谱结构类型复杂。

4 结论

把福建省生态环境划分为森林、农田、草地、人工建筑、水域和稀疏或无植被 6 种生态环境类型的基础上^[9], 用最小方差法对福建省生态环境信息图谱结构类型进行划分, 建立福建省生态环境信息图谱结构类型分类系统, 并对福建省的生态环境结构类型的地理分布、区域分异和成因进行了分析和探讨, 主要结论如下:

(1) 运用最小方差法对全省生态环境类型进行划分是可行的。从分类结果看, 全省的生态环境信息图谱结构类型是以森林为主的结构类型, 以及少量的以农田为主和以居民地为主的结构类型。从分布上看, 生态环境信息图谱结构类型的地区分布与全省自然条件和社会经济发展状况基本一致, 说明了用最小方差法进行生态环境结构类型划分是可行性的。

(2) 从分析结果得知, 以森林和农田为主的双重生态环境结构类型是福建省沿海区域主要的生态环境结构类型。由于沿海一带相对内陆地势平坦, 经济发达、交通便利, 随着城镇化水平的提高, 人口逐渐向沿海城市聚集, 生态环境信息图谱的结构类型多样化。

(3) 对福建省生态环境信息图谱结构类型进行分类的意义在于: 一方面便于进行县域生态环境的开发利用和整治实行宏观调控与管理, 通过对各县市生态环境信息图谱结构类型的地域组合及功能的比较分析, 探寻它们之间进行横向联系的有利条件与方式, 以促进相互间的资源互补和经济合作。另一方面, 生态环境信息图谱结构类型的确定与实现自然、经济社会、生态各系统之间的良性循环密切相关, 可为各县市的制订可持续发展战略提供依据。

参考文献:

- [1] 赵廷宁, 丁国栋, 马履一. 生态环境建设与管理[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [2] 陈述彭, 岳天祥, 励惠国. 地学信息图谱研究及其应用[J]. 地理研究, 2000, 19(4): 337-343.

(下转第 147 页)

怀柔水库年径流基本稳定在 $7.0 \sim 8.0$ 亿 m^3 , 此时的防护林结构以灌木林地为主, 占到防护林总面积的 50 % 左右。

1995 - 2000 年, 防护林结构中灌木林地的比例继续下降, 其中其他林地减少的速度最快, 为 100 %; 林地面积增加的只有阔叶林, 速度为 27.14 %。在此期间, 怀柔水库年径流量明显的逐年递减, 从 7.0 亿 m^3 减少到 4.0 亿 m^3 , 减少了约 42.8 %。

2000 - 2005 年, 防护林结构中针叶林增加的速度为 90.26 %, 混交林增加了 54.62 %, 其它林地的面积增加了 7.87 hm^2 。灌木林减少了 8.24 %, 阔叶林减少了 6.99 %。在此期间, 怀柔水库年径流量持续减少, 从 4.0 亿 m^3 减少到 1.0 亿 m^3 左右, 至 2005 年达到最低点, 为 7380.36 万 m^3 。

1990 - 2005 年, 灌木林地和其他林地, 逐渐减少, 其他林地减少为 0, 后又增加为 7.87 hm^2 ; 而针叶林、阔叶林和混交林均有不同程度的增加。防护林中阔叶林的比例上升为 44.80 %, 成为最主要的类型。2005 年以后, 年径流量减少到 1.0 亿 m^3 以下, 是 1990 年的 5 % 左右。

4 结论与讨论

在年降水量没有明显变化的基础上, 怀柔水库的径流量由 1990 年的 8.0 亿 m^3 减少到 2005 年后的 1.0 亿 m^3 , 主要是防护林发挥了削洪减洪的功能。随着径流量的减少, 怀柔水库集水区的水土流失情况也必然有所好转, 并进一步改良土壤, 改善当

地小气候。同时反作用于防护林, 使得防护林的格局也发生了变化, 其主体由灌木林逐步演变为乔木林, 而乔木林中阔叶林占据优势, 也就是说, 防护林系统逐步成熟。以灌木林占主导地位的防护林, 发挥其改良土壤, 改善小气候的功能, 逐步发展成为乔木林占主导地位的防护林体系, 达到其减少径流, 防治水土流失的功能。

参考文献:

- [1] 孙鹏森, 马履一, 王田华. 北京市水源保护林体系的基本格局与发展思路[J]. 环境保护, 2003(1): 29-33.
- [2] 亢新刚, 黄庆丰. 华北次生林结构调整研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(3): 41-43.
- [3] 陈伟, 李山东, 薛立. 水源涵养林的功能和效益综述[J]. 山西林业科技, 2004(2): 18-20.
- [4] 高成德, 余新晓. 水源涵养林研究综述[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(5): 78-82.
- [5] 王礼先, 高甲荣, 谢宝元, 等. 密云水库集水区生态经济分区研究[J]. 水土保持通报, 1999, 19(2): 1-6.
- [6] 范志平, 余新晓. 中国水源保护林生态系统功能评价与营建技术体系[J]. 世界林业研究, 2000, 13(1): 51-58.
- [7] 刘世海, 余新晓, 胡春宏, 等. 密云水库北京集水区人工水源保护林降水化学性质研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(1): 100-103.
- [8] 高成德, 余新晓. 密云水库集水区(北京境内)水源保护林最优林种结构的研究[J]. 林业科技通讯, 2000(5): 30-31.
- [9] 秦富仓. 黄土地区流域森林植被格局对侵蚀产沙过程的调控研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [10] 廖克. 地学信息图谱的探讨与展望[J]. 地球信息科学, 2002, 4(1/2): 14-20.
- [11] 廖克. 地学信息图谱与数字地球[J]. 地理研究, 2001, 20(1): 56-61.
- [12] 曾从盛. 福建省生态环境现状调查[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [13] 陈菁. 基于空间数据库的生态环境综合信息图谱的指标体系研究[J]. 云南师范大学学报, 2005, 25(1): 60-64.
- [14] 廖克. 生态环境遥感综合系列制图方法[J]. 地理学报, 2005, 60(3): 479-486.
- [15] 封志明, 杨艳昭, 宋玉, 等. 中国县域土地利用结构类型研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(5): 552-561.
- [16] 陈菁, 廖克. 区域生态环境综合信息图谱的分类与案例分析: 以福建省为例[J]. 地球信息科学, 2007, 9(2): 85-90.
- [17] 万荣荣, 贾宏俊. 安徽省综合地理区划初步研究[J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2001, 24(3): 298-301.
- [18] 张飞涟, 张涛. 基于 GIS 的图形叠置法在城镇市政设施投资项目环境影响后评价中的应用[J]. 城市勘测, 2007(1): 28-31.
- [19] 马仁会, 李强, 李小波, 等. 县级农用地分等评价单元划分方法评价[J]. 地理学与国土研究, 2002, 18(2): 93-95.
- [20] 张雅杰, 张俊玲, 杨洋. 层次聚类分析法在连州市土地利用分区中的应用[J]. 国土资源科技管理, 2007, 24(5): 71-76.
- [21] 罗俊, 周寅康, 彭补拙. 浙江平阳县土地资源利用分区研究[J]. 土壤, 2001, 33(5): 247-272.
- [22] 任春平, 杜敏, 李涛. 杨凌区节水灌溉分区规划[J]. 水土保持研究, 2002, 9(2): 15-18.
- [23] 徐梦洁. 江苏省农业资源综合利用分区研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2002, 18(3): 162-168.
- [24] 杨孝友, 陈长春. 中国县域资源组合结构的分类研究[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(40): 437-443.

(上接第 142 页)