

福建省生态环境空间格局图谱分析

武国胜, 林惠花, 廖克

(福建师范大学地球信息科学研究中心, 福州 350001)

摘要: 本文基于地学信息图谱的理论, 采用地学信息系统和遥感技术, 编制了福建省生态环境综合评价等级图, 并在定义区域生态环境质量指数基础上, 编制出基于多种空间要素为背景的生态环境质量指数空间格局图, 以构成福建省生态环境空间格局图谱。最后分析了福建省生态环境空间分布格局的形成、变化规律。

关键词: 地学信息图谱; 生态环境; 空间格局; 福建省

中图分类号: P208

1 引言

地学信息图谱是陈述彭院士倡导提出的一种时空复合分析的理论和方法。运用地学信息图谱的理论和方法能够较直观地认识生态环境系统的形成过程、结构格局和功能效应以及分布规律等, 掌握各区域生态环境特点与存在的主要问题, 提出合理有效利用及改善生态环境的对策, 为区域经济发展和生态环境建设规划提供科学依据。

福建省位于我国东南沿海, 东隔台湾海峡与台湾省相望, $115^{\circ}50' \sim 120^{\circ}43'E$, $23^{\circ}31' \sim 28^{\circ}18'N$ 。全省共辖9个地级市, 下设19个市辖区、15个县级市、47个县。整个区域陆域面积12.14万 km^2 , 约占全国陆地总面积的1.26%。地势自西北向东南倾斜, 境内山岭耸峙, 跌宕起伏, 平原集中于沿海狭长地带, 素有“东南山国”之称, 主要山脉武夷山和鹫峰山-戴云山-博平岭呈北北东-南南西走向, 分别纵贯于省西侧及中部。主要河流多呈现格状水系特征, 呈西北-东南流向, 沿途流经许多山间盆谷。属中亚热带和南亚热带季风气候, 年均降水量达1600mm, 大于 $10^{\circ}C$ 积温4500~7600 $^{\circ}C$, 同时该区生物资源丰富, 仅木本植物就有1900余种, 是中国四大林区之一, 森林覆盖率52.4%, 居全国之首。形成了福建省复杂多变自然生态环境格局。

2 生态环境空间格局图谱的构建

(1) 生态环境质量评价指标的选择

生态环境是自然环境和人文环境之间进行能量交换和物质循环的动态平衡系统。而指标体系的建立旨在科学、系统地实现对研究目标的综合分析, 故指标群的选取应充分考虑科学性与区域特殊性的紧密结合。在定性分析该区域生态环境特点的基础上, 从水热条件、土地覆盖和地形地貌等方面选择8个评价指标, 建立了反映该区域生态环境特点的综合指标体系(见表1), 其中土地覆盖是生态环境中很敏感的自然要素, 它一方面反映生态环境质量, 另一方面在一定程度上反映了人类对生态环境的影响。

(2) 评价因子的标准化

评价指标确定以后, 直接用它们进行环境评价是很困难的。因为各个因子间的量纲不统一, 所以没有可比性。即使对同一个参数, 尽管可以根据它们实测数值的大小来判断其对环境的影响程度, 但也因缺少一个可比的环境标准而无法确切地反映其对环境的影响。为此, 必须对所有参评因子进行量化处理。量化方法多种多样, 比较简单的做法是将其量化分级, 依其对环境的重要程度分若干级。本文先将8个评价因子数字地图统一转换成 1055×971 的栅格地图, 依参评因子对生态环境演变的有利与否, 将其分为10个等级, 形成生态环境评价因

收稿日期: 2004-04-19.

资助项目: 国家自然科学基金项目(40371096)

作者简介: 武国胜(1969-), 男, 湖北人, 博士生, 主要从事GIS、地学信息图谱等方面研究。E-mail: wguosheng@163.com

子等级图。

(3)评价指标综合和权重的确定

在环境评价中,如何建立一个综合评价指数是其重点的环节。目前,环境评价中常用的方法有指标权重法、层次分析法、主成分分析法等。本文采用层次分析法进行环境的综合评价。

层次分析法(Analytical Hierachy Process,简称AHP)由美国运筹学家匹兹堡大学教授 A L Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的多指标综合评价分析方法,是一种定性定量相结合的决策方法,它是一种将决策者对复杂系统的决策思维过程模型化、数量化

的过程。AHP 不仅能进行定性分析也能进行定量分析,是一种系统分析方法,它把一个问题看成是一个系统,在研究系统各组成部分相关关系以及系统所处环境基础上进行决策,这是对复杂问题的一种有效决策方式。

根据综合评价选定的指标群,在各指标群内分别选取热量、水分、NDVI、海拔高度、坡度、坡向作为二级指标,>10℃积温、全年平均气温、年平均相对湿度、年降水量作为三级指标,然后利用层次分析法确定指标因子的权重值(见表 1)。

表 1 福建省生态环境质量评价指标体系
Tab.1 The eco-environmental evaluation index of Fujian province

一级指标	一级系数	二级指标	二级系数	三级指标	三级系数
水热条件	0.164	热量	0.333	>10℃积温	0.667
				年平均气温	0.333
		水分	0.667	年均相对湿度	0.667
土地覆盖	0.299	NDVI		年降水量	0.333
		海拔高度	0.631		
地形地貌	0.537	坡度	0.293		
		坡向	0.106		

(4)生态环境综合评价及其谱型生成

生态环境综合评价是采用多级加权求和的方法来实现的,综合指数定义为生态环境评价因子逐级加权求和,计算公式为:

$$E=\sum_{i=1}^m W_i \cdot C_i$$
 (1)

式中: E 为生态环境评价结果; C_i 为第 i 个评价指标经标准化的定量表达; W_i 是反映该评价指标对生态环境重要程度的权重; m 为参加评价的评价因子数量。

在地理信息系统软件 Arc/Info 的 GRID 模块支持下,首先分别将>10℃积温、年平均气温、年均相对湿度、年降雨量分别进行加权求和,生成热量和水分综合指数图,而后再进行加权求和,生成水热综合指数图;海拔高度、坡度、坡向进行加权求和计算,生成地形地貌综合指数图;而后根据水热综合指数图、地形地貌综合指数图、土地覆盖指数图进行加权求和,生成福建省生态环境综合评价指数图,然后再分类,生成 1~10 级(由差到优)福建省生态环境综合评价等级图。

(5)生态环境格局图谱的生成

对于生态环境空间分布格局和变化规律,本文选取了与生态环境息息相关的几个地理空间要素,如:海岸线、主要河流、主要城市、主要交通线路等,基于它们分析生态环境分布格局,形成从不同侧面反映生态环境分布格局的系列图谱,探索各种空间要素与生态环境在分布上相互关系,从而在更深层次上研究生态环境空间分布规律。

为了准确地对比不同区域生态环境质量的优劣,这里定义区域生态环境质量指数的概念,其计算公式如下:

$$I_j=\sum_{i=1}^{10} E_i \cdot (A_i / S_j)$$
 (2)

式中: I_j 为 j 区域的生态环境质量指数; E_i 为第 i 级生态环境质量等级量值; A_i 为第 i 级所占土地面积; S_j 为第 j 个区域的土地面积。

海岸带生态环境质量指数格局图:以海岸线做 60km 缓冲区,并以 20km 为间隔,进行分带,之后与生态环境综合评价等级图进行叠加运算,得到不同缓冲带下生态环境质量指数。

主要河流生态环境质量指数格局图:以主要河流闽江、九龙江做 30km 缓冲区,以 10km 为间隔进

行分带,并与生态环境综合评价等级图进行叠加运算,得到不同河流不同缓冲带生态环境质量指数。

主要城市生态环境质量指数格局图:以福建省 9 个地级市做 30km 缓冲区,与生态环境综合评价等级图进行叠加运算后,得到不同城市生态环境背景质量指数。

铁路沿线生态环境质量指数格局图:以铁路做 30km 缓冲区,并以 10km 为间隔,进行分带,之后与生态环境综合评价等级图进行叠加运算,得到铁路不同缓冲带下生态环境质量指数。

县域生态环境质量指数格局图:以县域行政图和生态环境综合评价等级图进行叠加运算,生成县域生态环境质量指数格局图。从中可综合分析评价生成全省的生态环境格局图谱。

3 生态环境空间格局图谱的结构分析

本文生态环境空间格局图谱分析由三部分组成:一是从不同空间要素反映生态环境空间格局的系列地图;二是反映生态环境质量分级面积的统计图;三是由图形运算而生成的反映生态环境各类指标的统计表。借助它们,我们可以清晰地把握福建省生态环境空间格局的结构特征及分布规律。

(1)福建省生态环境综合评价等级图谱分析

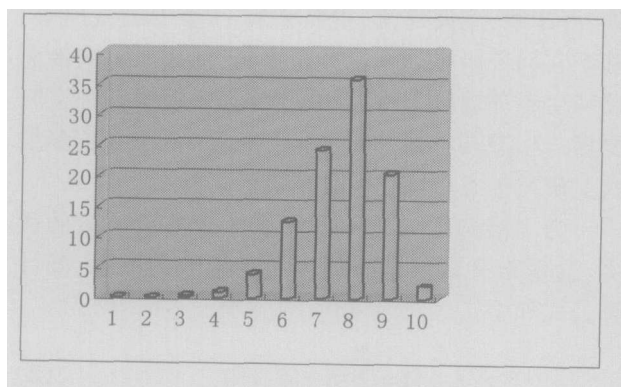


图 2 福建省生态环境各评价等级面积比

Fig.2 The acreage rate of all eco-environmental quality grades of Fujian province

从图 1、图 2 和表 2 中可看出,福建省生态环境 6 级以上的区域占全省面积的 95%以上,其中第 8、9 级就占全省的 55%以上,6 级以下的区域仅占全省面积约 5%,可见,福建省生态环境总体上较优越,按照公式(2)可求得福建省生态环境质量指数

为 7.588。从各等级空间格局上看,生态环境最好的地区集中于东南沿海和闽江上游部分地区,东南沿海地区以丰沛热量和优越的地形地貌条件,弥补了它在水分方面的不足,使之成为全省环境最优越的地区。而闽江上游地区生态环境优越地区主要分布于河谷和山间盆谷平原,这里水分充裕、植被覆盖率高,热量条件也较好。生态环境较差的地区主要集中于全省北部及东北部和西南部地区,如武夷山、鹫峰山、玳瑁山、博平岭分布区。

表 2 福建省生态环境综合评价结果统计表
Tab.2 The synthetic eco-environmental evaluation table of Fujian province

环境等级	栅格数	面积百分比 (%)
1	9	0.002
2	101	0.021
3	794	0.163
4	4460	0.918
5	18421	3.792
6	61279	12.616
7	118055	24.304
8	174028	35.828
9	98794	20.339
10	9793	2.016
合计	485734	100.000

(2)海岸带生态环境空间格局图谱分析

福建沿海地带是全省的精华,整个省大部分人口、城市、资金技术、工商业等多集中于此,全省社会经济发展上的差异也主要表现为沿海与内陆的差异,因而研究海岸带生态环境空间格局,无论是从生态环境保护建设上,还是经济发展规划上都具有重要意义。

表 3 福建省海岸带生态环境格局统计表
Tab.3 The eco-environmental spatial distribution patterns of Fujian provincial coastal strip

离海岸线距离 (km)	栅格数	面积比 (%)	区域生态环境质量指数
0~20	87357	48.91	7.702
20~40	49385	27.65	7.749
40~60	41865	23.44	7.455
0~60	178607	100.00	7.675

由图 3 和表 3 可分析,在距海岸线 60km 的海

岸带内,生态环境质量指数为 7.675,高于全省平均水平 7.588,海岸带生态环境质量总体上优于全省平均水平。在 60km 宽的海岸带内,从沿海到内陆生态环境质量指数表现为:先略有上升,然后逐步下降,呈现为不对称的马鞍状。原因是近海岸带地形地貌条件优越,热量也比内陆丰富,但是水分特别是植被覆盖都比内陆要差些,因此该区生态环境质量指数并不是最高;而离海岸线稍远地带,其他条件与近海岸带相比变化不大,水分略有增加,植被覆盖大幅度提高,使之区域生态环境质量指数也随之升高;远离海岸带地势升高,坡度增加,区域生态环境质量指数也因此大幅度下降。

(3)流域生态环境空间格局图谱分析

河流不仅提供了水源和电力能源,而且为经济发展和人民生活提供了空间条件和物质基础。

表 4 福建省主要流域生态环境格局
Tab.4 The eco-environmental spatial distribution patterns of Fujian provincial main drainage area

流域	离河流距离 (km)	栅格数	面积 百分比	区域生态环境质量指数
闽江	0~10	81396	40.81	7.905
	10~20	66665	33.42	7.648
	20~30	51411	25.77	7.462
	0~30	199472	100.00	7.705
九龙江	0~10	12873	33.40	8.152
	10~20	12280	31.87	7.777
	20~30	13381	34.72	7.583
	0~30	38534	100.00	7.835

从图 4、表 4 中可以看出,在 30km 缓冲带内,闽江和九龙江流域生态环境指数分别为 7.705 和 7.835,均高于全省平均水平的 7.588,说明两流域都是全省生态环境较好地区,与其他区域相比,河流两岸地势平坦,海拔相对较低,且水分较丰富,所以生态环境质量较好;从两流域内部来看,距河流越

远,生态环境质量指数越低,地形地势条件越差;从两流域相互对比来看,九龙江流域都比闽江流域生态质量指数要高:一是热量条件九龙江流域比闽江流域丰富得多;二是地形地势条件,九龙江主要流经全省最大的平原——漳州平原,因此地形地势条件优越,而闽江流域面积大,支流多,地形地势复杂多变。

(4)主要城市生态环境背景空间格局图谱分析

由图 5、表 5 中可得出,福建省 9 个地级市的生态环境背景有 6 个高于全省平均水平,说明福建省主要城市整体上位于全省生态环境较好的地方,其中漳州市位于热量丰富、植被覆被较好、海拔不高、地势平坦的漳州平原,因此生态环境背景最为优越。宁德市由于水分充沛、植被覆盖率高,其他生态因子相比另外城市而言并不太差,因而处于第二位。处于全省生态质量指数平均水平以下的 3 个城市龙岩、莆田、泉州,它们一个共同特点是周边林木覆盖率低,另外龙岩周边地势较高,莆田、泉州水分条件较差,因此其生态环境质量不佳。

(5)铁路沿线生态环境空间格局图谱分析

铁路在现代各种运输方式中占重要地位,现阶段它是我国货物和旅客运输的主要工具。对于福建省而言,大部分工业建设是沿着铁路干线展开的,而高速公路虽也是重要运输方式,但它主要沿海岸布设,对此这里就不做专门研究。

表 6 福建省铁路沿线生态环境质量空间格局
Tab.6 The eco-environment spatial distribution patterns along the lines of railway of Fujian province

离铁路距离 (km)	栅格数	面积 百分比	区域生态环境质量指数
0~10	97255	39	7.683
10~20	82692	33	7.560
20~30	70371	28	7.551
0~30	250318	100	7.605

表 5 福建省主要城市生态环境背景质量指数
Tab.5 The eco-environmental background index of main cities of Fujian province

	福州	厦门	泉州	漳州	莆田	宁德	南平	三明	龙岩
缓冲区半径 (km)	30								
栅格数	10700	7184	9957	11042	9617	9474	11289	11289	11289
生态环境质量指数	7.609	7.853	7.427	8.345	7.375	7.950	7.597	7.904	6.995
生态环境质量排序	5	4	7	1	8	2	6	3	9

由图 6、表 6 可得出:福建省铁路沿线生态条件优于全省平均水平,铁路主要铺设在福建生态条件较优的区域,由铁路线向外延伸,生态环境质量逐渐下降,铁路主要铺设在地势较平坦、海拔较低区域,离铁路线越远,海拔越高,坡度越陡,生态环境质量也随之下降。

(6) 县域生态环境空间格局图谱分析

我国的县域多是经过漫长的历史逐渐演变而成,多为相对统一社会经济综合体,甚至在自然表现为相对独立的单元。

从图 7、表 7 可以看出福建省县域生态环境质量空间分布规律,全省生态环境最好的 5 个县(区):金门(台湾管辖)、漳浦、芗城、龙海、思明均分

布于东南沿海,说明这块区域确是全省生态环境最佳地区,除水分条件稍有欠缺外,其他生态条件均有较佳搭配;生态环境质量指数最差的 5 个县(区)中,台江、涵江、湄洲湾北岸、惠安都分布于中部沿海,其植被覆盖率低,水分相对较少。

4 结语

通过对福建省生态环境信息图谱的分析,从中可以直观地看出福建生态环境空间格局特点和变化规律;该省社会经济活动较频繁的地区大多是生态环境较好的地区,如:海岸带、河谷、主要交通干线、城市等;而部分社会经济活动频繁,生态环境不

表 7 福建省县域生态环境质量统计表

Tab.7 The eco-environmental quality index of all counties in Fujian province

县 名	栅格数	生态环境 质量指数	生态环境 质量排序	县 名	栅格数	生态环境 质量指数	生态环境 质量排序	县 名	栅格数	生态环境 质量指数	生态环境 质量排序
金门县	580	8.787	1	集美区	580	7.744	31	莆田县	6162	7.367	61
漳浦县	7835	8.248	2	杏林区	775	7.739	32	永春县	5872	7.354	62
芗城区	1038	8.235	3	邵武市	11305	7.736	33	古田县	9452	7.335	63
龙海市	4955	8.224	4	东山县	811	7.736	34	大田县	8888	7.302	64
思明区	74	8.192	5	宁化县	9512	7.697	35	漳平市	11901	7.299	65
福鼎市	5797	8.156	6	平和县	9267	7.690	36	鲤城区	208	7.274	66
沙县	7178	8.110	7	永定县	8936	7.690	37	泉港区	1182	7.266	67
梅列区	1483	8.100	8	仙游县	7251	7.689	38	寿宁县	5735	7.261	68
长泰县	3554	8.095	9	武平县	10520	7.675	39	福清市	6263	7.218	69
建阳市	13576	8.052	10	马尾区	722	7.648	40	安溪县	11766	7.175	70
同安区	4219	8.026	11	晋安区	2286	7.640	41	周宁县	4152	7.164	71
洛江区	1488	8.023	12	华安县	5195	7.605	42	仓山区	630	7.126	72
顺昌县	7910	7.987	13	松溪县	4184	7.597	43	新罗区	10701	7.103	73
南靖县	7780	7.987	14	建瓯市	16885	7.593	44	城厢区	302	7.013	74
明溪县	6753	7.985	15	永泰县	8982	7.541	45	湖里区	230	7.004	75
三元区	3202	7.969	16	浦城县	13543	7.536	46	连城县	10313	6.984	76
泰宁县	6125	7.945	17	延平区	10653	7.519	47	柘荣县	2266	6.983	77
清流县	7265	7.943	18	开元区	197	7.510	48	莆田市	60	6.983	78
南安市	7956	7.935	19	德化县	8845	7.509	49	屏南县	5827	6.962	79
蕉城区	5579	7.922	20	上杭县	11459	7.506	50	晋江市	2626	6.937	80
福安市	7012	7.896	21	长乐市	2687	7.480	51	平潭县	1208	6.898	81
霞浦县	6220	7.864	22	长汀县	12382	7.471	52	鼓楼区	134	6.876	82
将乐县	8996	7.845	23	武夷山市	11204	7.451	53	石狮市	627	6.854	83
龙文区	504	7.843	24	琅岐开发区	281	7.441	54	惠安县	2704	6.795	84
云霄县	4111	7.840	25	丰泽区	433	7.429	55	政和县	7013	6.597	85
罗源县	4140	7.825	26	鼓浪屿区	5	7.400	56	湄洲湾北岸	1300	6.581	86
尤溪县	13714	7.808	27	闽清县	5900	7.394	57	涵江区	249	6.393	87
连江县	4475	7.790	28	闽侯县	8492	7.389	58	台江区	75	6.000	88
建宁县	6952	7.756	29	永安市	11785	7.383	59				
诏安县	5002	7.747	30	光泽县	9018	7.379	60				

佳的地区,如:中部沿海一些城市和县域。

实践表明,采用地学信息图谱的理论和方法研究生态环境,能够直观有效而又更深层次地把握生态环境时空规律。

参考文献

- [1] 陈述彭,岳天祥,励惠国.地学信息图谱研究及其应用.地理研究,2000,19(4):337~343.
- [2] 廖克.地学信息图谱的探讨与展望.地球信息科学,2002,3(2):14~20.
- [3] 廖克等.地球信息图谱与数字地球.地理研究,2001(1):55~61.
- [4] 廖克.中国自然景观综合信息图谱设计和建立的原则与方法.地理学报,2001(增刊):1~6.
- [5] 王思远等.遥感与GIS技术支持下的湖北省生态环境综合分析.地球科学进展,2002,17(3):426~431.
- [6] 高志强,刘纪远,庄大方.中国土地资源生态环境背景与利用程度的关系.地理学报,1998,53(6):14~21.
- [7] 齐清文,池天河.地学信息图谱的理论和方法.地理学报,2001,56(增刊):8~18.

The Research of the Eco-environmental Spatial Distribution Pattern Tupu in Fujian Province

WU Guosheng, LIN Huihua, LIAO Ke

(Geo-information Science Research Center, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: Based on the theories of Geo-information Tupu and supported by the technologies of Geographical Information System and Remote Sensing, this paper, taking the Fujian province as a case, first selects hydro-thermal conditions, land cover, topography etc. as the indexes, and calculates their weights using the Analytical Hierarchical Process method, so as to workout the synthetic eco-environmental evaluation grade map of Fujian province. It then defines the regional eco-environmental quality index, selects the main geographical spatial elements such as coastal strip, main rivers, main cities, and the main railways etc. to build the buffering zones. Finally it overlays the buffering zone on the synthetic eco-environmental evaluation grade map to result a series of spatial distribution pattern maps of eco-environmental quality index, and applies these maps to constitute the eco-environmental spatial distribution pattern Tupu of the Fujian province. According to the analysis of the Tupu, this paper draws the following conclusions: most of the economically flourishing regions possess of preferable eco-environments, and few of economically flourishing regions with the worse eco-environment locating in the middle coastal strip, where the vegetation cover rate is low due to human's irrational developments and utilization of land resources. In a word, with the theories of geo-information Tupu, the paper expounds the eco-environmental spatial distribution laws clearly and effectively, and this attempt explores and develops the investigative ideas and methods on eco-environment.

Key words: geo-information Tupu; eco-environment; spatial distribution patterns; Fujian province