

基于图谱分析的福建省生态环境与城市化耦合关系研究

陈菁

(莆田学院 环境与生命科学系, 福建 莆田 351100)

摘 要: 根据福建省城市化和生态环境的特征, 分别从人口城市化、经济城市化、社会城市化、空间城市化和生态环境水平、生态环境压力、生态环境保护共 7 个方面进行福建省生态环境与城市化耦合指标体系的构建。利用层次分析法确定指标权重, 建立耦合度和耦合协调度模型, 对福建省生态环境与城市化耦合关系进行定量分析, 以地学信息图谱的方法进行图谱分析。研究结果表明: (1) 福建省市辖区的耦合度优良, 而下属的县区情况比较差, 区域间的不平衡发展明显; (2) 福建省的城市化和生态环境交互耦合的时序基本处于颀颀时期, 但耦合度明显存在着地域差异; (3) 福建省生态环境与城市化耦合关系比较好, 协调度比较高, 以中强度中协调的地区居多, 低强度低协调的地区比较少, 生态环境和城市化的整体协同效应比较好。

关键词: 生态环境; 城市化; 耦合; 地学信息图谱; 福建省

中图分类号: F290; X 820. 2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0163-06

Research for the Coupling Relationship between Ecological Environment and Urbanization in Fujian Province Based on Spectral Analysis

CHEN Jing

(Department of Environmental and Life Sciences, Putian University, Putian, Fujian 351100, China)

Abstract: According to the features of urbanization and the ecological environment in Fujian province, the coupling indicator system of ecological environment and urbanization was constructed based on seven aspects on population urbanization, economic and social urbanization, space urbanization and ecological environment level, ecological environmental stress, and the ecological environment protection. Using the AHP, the coupling coefficient and coupling coordination models were established to quantificationally analyze the coupling relationship of ecological environment and urbanization in Fujian province, and the method of geological information map was used to analyze maps. The research results are showed as follows: (1) The coupling of Fujian districts were good and counties situation of subordinates were poor, regional imbalance development was obvious; (2) The coupling interaction sequence of Fujian province's urbanization and the ecological environment was in equally matched period, but the coupling obviously existed regional differences; (3) The coupling relationship of ecological environment and urbanization in Fujian province was good, and the coordination degree was high, the areas of middle intensity and middle coordination were in the majority and the areas of low intensity and low coordination were less, the ecological environment and urbanization overall coordination effect was better.

Key words: ecological environment; urbanization; coupling; geological information map; Fujian province

城市化是指人口向城市地区集中和农村地区转变为城市地区的过程^[1]。城市化具有多维涵义, 它主要包括人口迁移、经济发展、空间扩张和生活提高之间互相联系、互相促进。其中, 经济发展是基础, 人口迁移和地域扩张是表现, 生活水平提高是最终结果或目标^[2]。而生态环境是指与生物体相互作用的资源环境

或与生物体进行物质能量流动众多因素的集合^[3]。根据生态环境诸要素对城市化的不同作用, 可将生态环境划分为生态环境现状、生态环境压力和生态环境保护。城市化与生态环境之间的关系就是城市化中的人口、经济、空间和社会城市化的 4 个方面与生态环境的 3 个子环境之间的相互作用、相互耦合中形成的。城

收稿日期: 2010-07-25

资助项目: 国家自然科学基金项目(40971273); 福建省自然科学基金项目(2009J01221); 福建省教育厅项目(JK2009032, JA08202, JA08204)

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

市化与生态环境是一种相互作用、交互耦合的关系。其人口增长、经济发展、资源能源消耗和城市的地域扩张都对生态环境产生胁迫作用,而另一方面,生态环境通过环境选择、人口迁移、资金分配、政策制度影响和环境变化等都对城市化的进程产生约束作用。

地学信息图谱是进入 20 世纪 90 年代以来,由著名地理学家陈述彭等首次提出,是中国科学家首创的一种新概念和新方法^[4-6]。它是按照一定指标递变规律或分类规律排列的一组能够反映地球科学时空信息规律的数字形式的地图、图表、曲线或图象^[7]。目前在地学信息图谱的研究主要有:(1)对定义和科学内涵的理解^[8-9];(2)总结地学信息图谱的理论基础^[10-11];(3)理论体系与技术手段方面的研究^[12-13];(4)进行地学信息图谱的应用实例的研究^[14-15]。对城市化过程中的生态环境的图谱研究主要是以生态环境动态数据库为信息源,经过图形思维与抽象概括,并以计算机多维动态可视化技术,显示城市化和生态环境耦合的空间形态结构与时空变化规律^[16-17]。本文主要通过城市化与生态环境耦合关系的研究,结合地学信息图谱的方法论,利用耦合度和耦合协调度模型,对城市化和生态环境之间的耦合关系进行定量分析,以图谱的形式来表达二者之间的耦合关系。

1 研究区概况

福建省地处中国东南部,陆域介于北纬 23°30′—28°22′,东经 115°50′—120°40′之间,东西最宽约为 480 km,南北最长约为 530 km,陆域面积 12.4 万 km²,海域面积为 13.63 万 km²,海岸线总长 6 128 km,其中大陆线 3 752 km,居全国第一位。福建省气候温和,雨量充沛,拥有丰富的自然资源。福建省人均土地资源和耕地面积远低于全国平均水平,人地矛盾突出。近 10 年来,土地利用/土地覆盖结构变化剧烈,耕地面积锐减,居民点和工矿用地以及园地迅速扩大,交通用地显著增加,未利用地大面积开发,土地利用结构调整余地十分狭小。福建地表水资源比较丰富,但时空差异较大,洪涝干旱灾害频繁发生,沿海水资源供需平衡矛盾突出,对局部生态环境产生一定压力。

福建省城市化水平存在明显的区域差异。至 2009 年末,全省总人口达 3 627 万人,全年净增人口 23 万人,城镇化水平为 51.4%,但是城市化水平呈现出明显的区域差异。首先,最主要的差异体现为经济发展总体水平的差异,闽东南沿海地区和内地沿主要交通干线地区的经济发展水平普遍高于闽西北、闽东北欠发达地区。其次,进一步的差异主要体现为“人口城市化水平”和“城市产业结构”的差异。在工业化

基础较好的地区,第三产业兴旺发达,城镇体系完善,这都是城市化进程深化的表现,是城市化向后城市化阶段过渡的标志,如福州市。但在一些工业基础较薄弱地区,或专以旅游业等第三产业为支柱产业的地区,尽管城市化总体水平不高,但第三产业与第二产业产值比却较高,如武夷山市、宁德市,这是一种具有地方特色的城市化道路^[18]。

2 福建省生态环境与城市化耦合关系模型的建立

2.1 生态环境与城市化耦合指标体系的建立

本研究所使用的数据主要包括福建省及其各城市 2007 年统计年鉴及统计公报,空间基础数据采用 1:100 万的中国国家自然地图集(包含植被区划图、土地利用图、土壤侵蚀图、土壤区划图、人口密度图等)。利用 SPSS 16.0 软件对指标层各指标进行标准化处理以消除量纲的影响。由于城市化与生态环境之间存在耦合、互动的关系,为了揭示它们之间发展的耦合强度与协调程度,根据指标选取的主导性、层次性、动态性和可操作性原则,分别对区域城市化和生态环境指标予以筛选,建立指标体系,如表 1。

采用层次分析法确定指标体系中各个指标的权重。层次分析法的步骤主要包括:建立层次结构模型、构造两两判断矩阵、单准则排序、一致性检验、得出权重结论。本文在构建福建省生态环境与城市化耦合指标的基础上,以德尔菲法为主要方法,确定指标体系中各指标及各目标层之间的权重关系,构建了判断矩阵 A 、 B_1 、 B_2 、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 。通过 20 位有权威和代表性专家对各个指标进行的评分之后,利用判断矩阵 A 、 B_1 、 B_2 、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 C_7 和权重计算公式,见公式(1)。通过评定的各指标的相对重要性,然后数量化确定各评价因子的权重 W_j ,专家打分后综合,得到各指标的最终权重。最后通过满意的一致性检验,认为判断矩阵具有一致性,说明评价因素的权重分配是合理调整判断矩阵。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad W_j = \frac{\sqrt[n]{r_{i1} \cdot r_{i2} \cdot \cdots \cdot r_{in}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{r_{i1} \cdot r_{i2} \cdot \cdots \cdot r_{in}}} \quad (1)$$

式中: R ——判断矩阵; r_{ij} ——第 i 行的指标对第 j 列指标的重要系数; n ——行或者列的指标数量; W_j ——第 j 列指标的权重系数。通过专家的评分和计算,可以得到各个指标的权重。具体各个指标的权重见表 1。

表 1 福建省生态环境与城市化耦合指标及其各层次权重分配表

目标层		制约层		要素层		指标层		各指标总权重
		权重 Q_1	内容	权重 Q_2	内容	权重 Q_3	内容	$Q_4= Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3$
A	福建省生态环境与城市耦合指标体系	0.5	B1 城市化	0.30	C_1 人口城市化	1	D_1 非农业人口比重	0.15
				0.30	C_2 经济城市化	0.2	D_2 每单位房地产面积万元产值	0.03
						0.4	D_3 第三产业占 GDP 比重	0.06
						0.4	D_4 工业产值占工农业产值比重	0.06
						0.42	D_5 城镇居民人均年可支配收入	0.042
				0.20	C_3 社会城市化	0.25	D_6 千人拥有医生数	0.025
						0.33	D_7 人均拥有公路里程	0.033
						0.2	D_8 人均房地产建成面积	0.02
						0.4	D_9 人口密度	0.04
						0.4	D_{10} 城镇化指数	0.04
		0.5	B2 生态环境	0.30	C_5 生态环境水平	0.3	D_{11} 人均耕地面积	0.045
						0.2	D_{12} 人均粮食产量	0.03
						0.5	D_{13} 植被覆盖率	0.075
				0.30	C_6 生态环境压力	0.6	D_{14} 工业污染指数	0.09
						0.4	D_{15} 土壤侵蚀率	0.06
						0.5	D_{16} 环保投入占 GDP 的比重	0.1
				0.40	C_7 生态环境保护	0.5	D_{17} “三废”综合利用率	0.1
						0.5		

2.2 耦合关系模型的建立

耦合度就是描述系统或要素相互彼此作用影响的程度。系统由无序走向有序机理的关键在于系统内部序参量之间的协同作用,它左右着系统相变的特征与规律,耦合度正是反映这种协同作用的度量^[19]。由此,可以把城市化与生态环境两个系统通过各自的耦合元素产生相互彼此影响的程度定义为城市-生态环境耦合度^[20],它的大小反映了对区域社会-经济-环境系统的作用强度和贡献程度^[21]。二者是一种相互作用、交互耦合的关系。本文中的城市化与生态环境耦合交互作用的模型由两部分组成,即耦合度模型与耦合协调度模型^[22]。

借鉴物理学中的容量耦合概念及容量耦合系数模型,可以得到城市化与生态环境的耦合度函数^[23]。对耦合度值 C 进行划分并定义,如表 2。

由于每个地区的城市化与生态环境建设的影响因素都有其交错复杂、变化和不均衡的特性,单纯依靠耦合度判别有可能产生误导,为此,构造城市化与

生态环境耦合协调度函数^[24-25],其目的是评判区域城市化与生态环境交互耦合的协调程度。为便于使用,耦合协调度(D)可划分为:(1) $0 < D \leq 0.446$,为低度协调耦合;(2) $0.446 < D \leq 0.507$,为中度协调耦合;(3) $0.507 < D \leq 0.6$,为高度协调耦合。

3 福建省生态环境与城市化耦合关系的图谱分析

3.1 福建省生态环境与城市化耦合关系的空间格局分析

本文利用层次分析法的加权求和法对福建省各县市的城市化指数和生态环境指数进行计算,并根据耦合度和耦合协调度模型,利用城市化与生态环境的耦合度函数和耦合协调度函数对福建省各县市的耦合指标进行计算,结果如表 3 所示。根据表 3 利用地学信息图谱的方法建立耦合度和耦合协调度的空间格局图,如图 1 和图 2 所示。

表 2 城市化与生态环境耦合值划分

C 取值范围	定义
$0 < C \leq 0.437$	城市化与生态环境的发展处于较低水平的耦合阶段,此时城市化水平发展较低(人口城市化水平一般在 30% 以下),生态环境容载能力强,城市化对环境破坏程度不大,生态环境完全能够承载和消化城市化所带来的后果
$0.437 < C \leq 0.468$	城市化与生态环境的发展处于拮抗时期,这阶段城市化已经越过了它的发展拐点(人口城市化水平达到 30%),城市化进入快速发展时期,它的发展急需大量的资金、资源和人口转移为支撑,由此生态环境负载能力下降,它不能完全消化和吸纳城市化发展带来的影响
$0.468 < C \leq 0.5$	城市化与生态环境的发展进入磨合阶段,这时城市化又越过它的另一个拐点(人口城市化水平超过 50%),城市发展由于受到前期生态环境破坏的制约,已经将其相当多的发展资金注入城市生态环境修复中,城市化与生态环境开始良性耦合

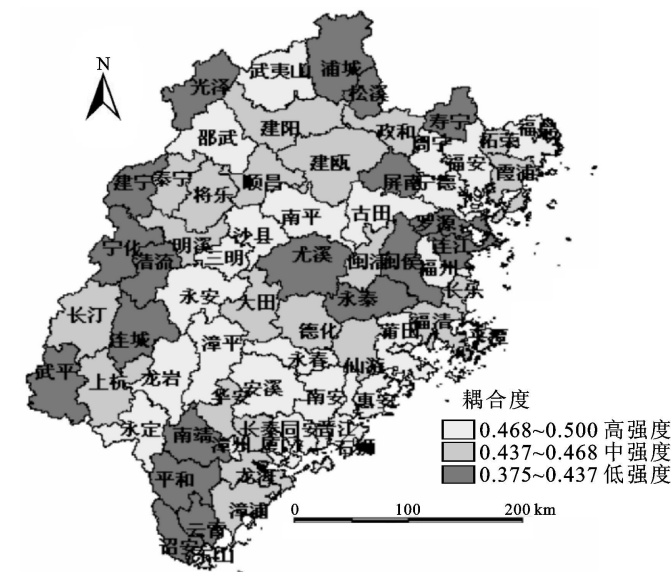


图 1 福建省生态环境与城市化耦合度空间格局图

(1) 2007 年福建各个市区的城市化与生态环境交互耦合的时序基本处在颀颀时期,但耦合度明显存在着地域差异,如图 1 所示。依据大小排序对地区的耦合强度进行划分,可将福建 67 个县市划分为 3 类:①高强度耦合作用地区;②低强度耦合作用地区;③中等耦合强度的其它地区。

(2) 耦合协调度数值较小说明城市发展与生态环境建设的目标不尽一致,相互协调程度不够。如图 2 所示,从 2007 年福建耦合协调度的空间分布看,不仅

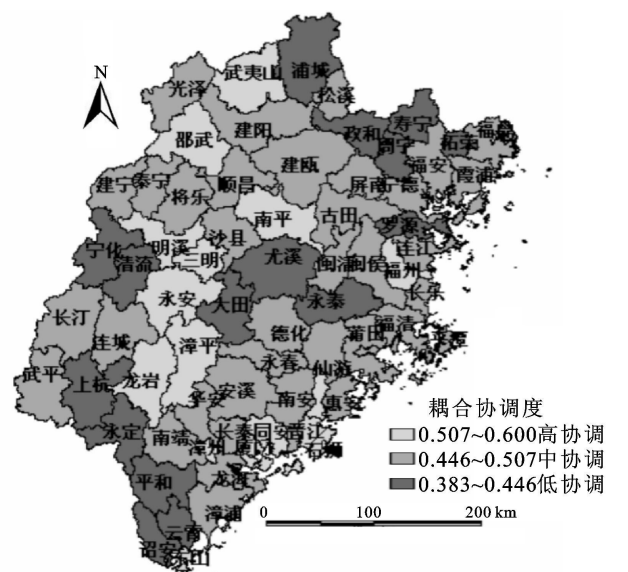


图 2 福建省生态环境与城市化耦合协调度空间格局图

福建省城市化与生态环境耦合协调的类型存在地区差异,而且耦合协调的程度也明显存在着地域差异,市辖区的协调发展程度普遍高于其它地区。结合耦合协调度区间划分的标准,可以将福建省 67 个县市划分为 3 类:①高度协调地区,说明城市化与生态环境同步型、较理想;②低度协调地区,说明城市化发展超前型、超过生态环境承载力阈值范围内;③中度协调地区,说明城市化发展滞后型、保持在环境承载力阈值内。

表 3 福建省生态环境与城市化耦合综合评价结果表

县名	人口 城市化	经济 城市化	社会 城市化	空间 城市化	城市化 指数	生态环 境水平	生态环 境压力	生态环 境保护	生态环 境指数	耦合 度	耦合 协调度	耦合强度与 协调程度
福州市辖区	1.000	0.766	0.578	0.634	0.772	0.292	0.307	0.680	0.452	0.483	0.563	高强度高协调
福清市	0.071	0.420	0.254	0.273	0.253	0.356	0.861	0.819	0.693	0.443	0.490	中强度中协调
长乐市	0.110	0.350	0.280	0.300	0.254	0.358	0.702	0.859	0.662	0.448	0.484	中强度中协调
闽侯县	0.000	0.374	0.255	0.087	0.181	0.501	0.795	0.812	0.714	0.402	0.456	低强度中协调
连江县	0.097	0.296	0.202	0.187	0.196	0.409	0.927	0.539	0.616	0.428	0.447	低强度中协调
罗源县	0.187	0.235	0.247	0.058	0.188	0.569	0.865	0.412	0.595	0.427	0.439	低强度低协调
闽清县	0.136	0.367	0.318	0.046	0.224	0.724	0.628	0.535	0.619	0.442	0.462	中强度中协调
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
大田县	0.160	0.313	0.208	0.031	0.190	0.595	0.620	0.213	0.450	0.457	0.408	中强度低协调

(3) 对比图 1、图 2 可得知,2007 年福建省城市化与生态环境耦合强度与耦合协调程度在空间分布不具有对称性,依据耦合度和耦合协调度的组合可以将 67 个地区划分为 8 类,其分级面积比见图 3:①高强度耦合高水平协调发展型,主要是大部分市辖区,属于福建省经济发展最高水平地区,其城市-经济-生态环境显示出互相促进,相互发展的态势;②高强度耦合中等水平协调发展型,包括莆田市辖区、宁德市辖区等一些经济较发达区域,其城市化发展与生态环境建设也显得较为和谐;③高强度耦合低水平协调发

展型,包括永定、周宁两地区,这两个地区城市化水平得到迅速提高,但由于本地生态环境承载力的限制,其城市化与生态环境共同发展的协调程度很差,急需改变发展方式来调整二者的发展关系;④中等强度耦合高水平协调发展型,包括明溪地区,城市化得到较快的提高,并且当地本身的环境承载力较强;⑤中等强度耦合中等水平协调发展型,包括建瓯、长泰、华安、仙游等地区,由于这些地区城市化发展已有一定历史基础,它们的城市化与生态环境建设协调已经处于一定适度范围内;⑥中等强度耦合低水平协调发展

型, 包括上杭、柘荣等地区, 它们都是城市化发展基础较差的地区, 近年来在快速推进城市化进程中导致了生态环境破坏, 与城市建设不协调; ⑦低强度耦合中水平协调发展型, 包括闽侯、武平、连城等地区, 经济落后, 但对生态环境的建设却有足够的重视。⑧低强度耦合低水平协调发展型, 包括寿宁、尤溪、清流等地区, 是福建省经济发展相对落后地区, 由于历史和自然条件的限制, 其城市化与生态环境建设压力都很大, 这些区域目前也急需调整发展方式。

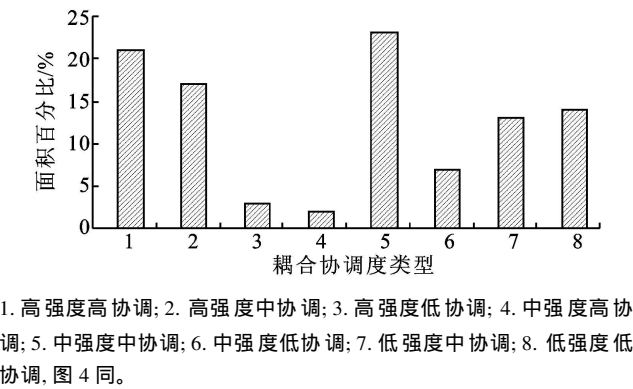


图 3 福建省生态环境与城市化耦合强度与耦合协调程度分级面积比

3.2 生态环境与城市化耦合关系的区域分异状况分析

从各地市的地区分异来看, 如图 4 所示: (1) 厦门市的耦合协调度和耦合度都很好, 是高强度高协调的地区。事实上, 厦门的高强度高协调的耦合现状是依靠该地区发达的经济支撑着。(2) 福州市的耦合程度从图 4 中可以看出该地区的中强度中协调的面积比较大, 其次是低强度中协调和低强度低协调程度, 高的协调度和耦合度在该地区所占的面积比较小。(3) 莆田市地区的耦合和协调程度相对比较好, 莆田市的人口城市化指数很低, 这就制约着莆田市的城市化发展。在协调程度上, 虽然莆田市是中等协调程度, 但环境污染却较重, 这说明它是典型的以牺牲生态环境质量为代价来换取经济的发展, 还是走先污染再治理的老路。(4) 三明市各地区的耦合和协调度情况主要呈低强度低协调程度的状态。虽然在生态环境水平上该地区指数都比较高, 但是由于对环境的保护不重视, 导致了生态环境的破坏。环境的破坏也大大影响了城市化的进程, 使得二者不能建立一种很好的协调耦合关系。(5) 泉州市地区整体耦合强度和协调程度良好。在图 4 中, 该市耦合度与协调度等级主要是高强度中协调、高强度高协调和中强度中协调这 3 个程度等级上面。(6) 漳州市地区耦合强度和耦合协调程度主要集中分布在中强度中协调度和低强度中协调度上。在该地区突出的一点是环境压力总体上都很大, 单方面的发展城市化, 忽视了生态环境的

保护, 使得环境失衡。所以, 未来这个地区的工作重点应放在减少生态环境压力这方面。(7) 南平市协调程度都在中等程度以上, 城市化和生态环境二者的整体协同效应是比较好的。(8) 龙岩市地区的耦合强度和协调度的面积比分布较分散, 程度等级分布也很分散。可以充分发挥其生态环境水平的优势, 加快该地区的经济发展, 优化人口密度, 利用生态环境的优势来带动该地区的城市化发展。(9) 宁德市协调程度都是在中低水平, 城市化与生态环境的整体协同效应不好, 城市化不能很好协同生态环境的发展。因此, 在城市化与生态环境的发展中, 要一方面加大人口城市化, 同时也要注意保护生态环境。

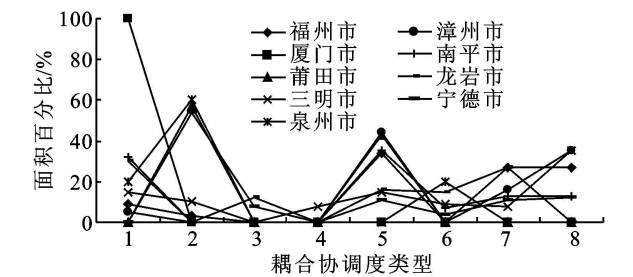


图 4 各地市生态环境与城市化耦合强度与耦合协调程度分级面积比

4 结论与讨论

在本次生态环境和城市化耦合关系的研究中将地学信息图谱和层次分析法相结合, 充分发挥信息图谱的空间分析能力和层次分析法善于多要素综合评价的长处, 实现图谱和数学模型的结合, 以图形与谱系的方式来表达生态环境的质量, 建立福建省生态环境和城市化耦合关系信息图谱, 并分别从综合评价的等级图谱、综合评价指标的相关性及各个地区的具体情况 3 方面对福建省的生态环境和城市化耦合关系进行深入的分析, 具体分析了各个地区的生态环境和城市化耦合关系的情况和存在的问题, 并就具体的问题提出具体的解决方案, 为生态环境和城市化耦合关系研究提供了新思路。从福建省的总体情况来看有这样的一些特点:

(1) 一个地区的市辖区的耦合程度优良, 而下属的几个县区的情况比较差, 区域间的不平衡发展是一个很大的问题, 一个地区不能只发展龙头区域, 辖区的发展也要能带动地方县区的共同发展。

(2) 福建省的人口城市化、空间城市化和生态环境水平优良所占的比例比较高。福建省是全国植被覆盖率最高的一个省份, 这对生态环境水平有良好的促进作用, 也是一个巨大的生态环境优势。虽然人口城市化指数高的地区比较多, 但是福建省人口密度分

布不均匀,形成两极分化,高的上千,低的只有几十。密度高的主要集中在沿海的几个比较发达的城市。应大力推动人口向内地迁移。推动空间城市化的动力来自人口密度,而推动人口密度平衡发展的动力来自于经济的平衡发展。社会城市化是福建省的主要薄弱环节。

(3)从整体上看福建省生态环境与城市化的耦合协调关系,中强度中协调的地区比较多,低强度低协调的地区比较少。福建省生态环境与城市化耦合关系较好,协调度比较高,生态环境和城市化的整体协同效应比较好。二者协同发展的能力比较强,对于福建省这个高森林覆盖率的省份,是一个很好的契机。

参考文献:

- [1] 许学强,周一星,宁越敏.城市地理学[M].北京:高等教育出版社,1996:36-39.
- [2] 杨士弘.城市生态环境学[M].北京:科学出版社,2003:4-5.
- [3] 黄金川,方创琳.城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析[J].地理研究,2003,22(2):212-220.
- [4] 陈述彭.地学信息图谱的探索研究[M].北京:商务印书馆,2001:6-8.
- [5] 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.
- [6] 廖克,秦建新,张青年.地球信息图谱与数字地球[J].地理研究,2001,20(1):55-61.
- [7] 陈燕,齐清文,杨桂山.地学信息图谱的基础理论探讨[J].地理科学,2006,26(3):306-310.
- [8] 齐清文,池天河.地学信息图谱的理论与方法研究[J].地理学报,2001,56(增刊):8-18.
- [9] 廖克.21世纪的地球信息科学及其应用[J].测绘科学,2001,26(2):1-7.
- [10] 陈菁.基于地学信息图谱的福建省生态环境脆弱性分析[J].世界地理研究,2009,18(2):169-176.
- [11] 张洪岩,王钦敏,鲁学军.等.地学信息图谱方法研究的框架[J].地球信息科学,2003,5(4):101-103.
- [12] 齐清文.地球信息图谱的最新进展[J].测绘科学,2004,29(6):15-23.
- [13] 陈媛媛,翟亮.基于三维动态可视化技术的生态环境地学信息图谱研究[J].测绘科学,2007,32(2):78-80.
- [14] 鲍文东,侯志华,吴泉源.基于地学信息图谱的土地利用动态变化研究:以山东省龙口市为例[J].地域研究与开发,2007,26(3):80-85.
- [15] 李慧珍.地学信息图谱的应用探讨:以福州市为例[D].福州:福建师范大学,2006.
- [16] 陈燕,齐清文,杨桂山.地学信息图谱时空维的诠释与应用[J].地球科学进展,2006,21(1):10-13.
- [17] 陈菁.生态环境综合信息图谱的研究:以福建省为例[M].北京:气象出版社,2008:8-10.
- [18] 谢先全,晏路明.福建城市化类型的数值划分[J].地域研究与开发,2004,23(1):21-24.
- [19] 吴大进,曹力,陈立华.协同学原理和应用[M].武汉:华中理工大学出版社,1990:9-17.
- [20] 吴跃明,张子珩,朗东锋.新型环境经济协调度预测模型及应用[J].南京大学学报:自然科学版,1996,32(3):466-473.
- [21] 刘耀彬,宋学锋.城市化与生态环境的耦合度及其预测模型研究[J].中国矿业大学学报,2005,34(1):91-96.
- [22] 刘耀彬,李仁东,宋学锋.中国城市化与生态环境耦合度分析[J].自然资源学报,2005,20(1):105-112.
- [23] 刘耀彬,宋学锋.区域城市化与生态环境耦合性分析:以江苏省为例[J].中国矿业大学学报,2006,35(2):182-187.
- [24] 孟庆松,韩文秀,金锐.科技-经济系统协调模型研究[J].天津师范大学学报:自然科学版,1998,18(4):8-12.
- [25] 刘耀彬,李仁东,宋学锋.中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析[J].地理学报,2005,60(2):237-247.
- (上接第162页)
- [15] 彭建,王仰麟,吴健生.等.区域生态系统健康评价:研究方法进展[J].生态学报,2007,27(11):4877-4885.
- [16] 宋永昌,戚仁海,由文辉.等.生态城市的指标体系与评价方法[J].城市环境与城市生态,1999,12(5):16-19.
- [17] 鲁敏,李英杰.生态城市理论框架及特征标准[J].山东省青年管理干部学院学报,2005(1):117-120.
- [18] 胡廷兰,杨志峰,何孟常.等.一种城市生态系统健康评价方法及其应用[J].环境科学学报,2005,25(2):270-273.
- [19] 杨宇.多指标综合评价中赋权方法评析[J].统计与决策,2006(7):17-19.
- [20] 胡著邦,徐建民.全为民.模糊评价法在湖泊富营养化评价中的应用[J].农业环境保护,2002,21(6):535-536.
- [21] 高长波,陈新庚,韦朝海.等.熵权模糊综合评价法在城市生态安全评价中的应用[J].应用生态学报,2006,17(10):1923-1927.