

中国城市土地集约利用与生态环境协调发展评价研究

郑华伟, 刘友兆, 丑建立

(南京农业大学 公共管理学院, 江苏 南京 210095)

摘要: 在构建城市土地集约利用与生态环境协调发展评价模型的基础上, 分析了 1995 年以来中国城市土地集约利用与生态环境协调发展程度的时空分布。研究结果表明: (1) 从时间上看, 协调度等级由初级协调转为良好协调, 但协调度近年来呈现下降趋势, 协调发展度整体上逐年增加; (2) 从空间上看, 中国省区协调度与协调发展度都存在着明显的区域差异, 且协调发展水平整体上表现出东部地区大部分省份高于中西部地区的规律, 而且与区域经济发展水平具有较强的相关关系; (3) 按照协调度和协调发展度将 31 个省区分为 7 类, 分别体现经济发展、自然条件和政策因素等差异。应在提高城市土地集约利用水平的同时, 不断加强生态环境保护建设; 开展城市生态规划, 建立环境友好型土地利用模式, 有效促进城市土地集约利用与生态环境协调发展。

关键词: 城市; 土地集约; 生态环境; 协调度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)01-0227-06

中图分类号: F301.2

Evaluation of Coordinated Development Between Urban Intensive Landuse and Ecological Environment in China

ZHENG Hua-wei, LIU You-zhao, CHOU Jian-li

(College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

Abstract: Spatiotemporal distribution of coordinated development degree for urban intensive landuse and ecological environment in China since 1995 was analyzed by constructing an evaluation model for coordinated development. Results from the study showed that temporally, grade for coordination degree changed from primary coordination into good coordination. In recent years, however, coordination degree exhibited a downward trend and coordinated development degree, on the whole, gradually increased year by year. Spatially, there was obvious regional disparity in coordination degree and coordinated development degree of China's provinces. The overall coordinated development level in most provinces of the eastern China is higher than that in the middle and western China. There was a stronger correlation between coordinated development degree and economic development level. In accordance with coordination degree and coordinated development degree, the 31 provinces of China could be divided into seven categories in order to reveal the differences in economic development, natural environment, policies factors, and so on. Coordinated development between urban intensive landuse and ecological environment should be effectively promoted by improving the level of urban intensive landuse, enhancing ecological environment protection and construction, carrying out urban ecological planning, and establishing environment-friendly landuse pattern.

Keywords: urban; intensive landuse; ecological environment; coordination degree

随着人类对土地利用的不断深入, 土地资源利用效益显著提高, 与此同时也造成了生态环境的不断恶化, 严重威胁着土地资源的可持续利用, 甚至人类自

身的发展^[1]。如何正确处理好经济发展、生态环境保护建设与土地资源利用的关系, 成为保障经济社会持续健康发展亟待解决的问题。

收稿日期: 2011-03-24

修回日期: 2011-04-21

资助项目: 国家社科基金项目“西部少数民族牧区建设社会主义新农村面临的问题及对策研究”(07XJY021); 江苏省国土资源科技项目“土地综合整治效益评估体系及方法研究”(201026); 江苏省研究生培养创新工程项目“土地综合整治项目绩效研究”(CXZZ11-0690)

作者简介: 郑华伟(1985—), 男(汉族), 江苏省淮安市人, 博士研究生, 研究方向为土地可持续利用与土地资源评价。E-mail: hua-weizheng2008@163.com。

通信作者: 刘友兆(1959—), 男(汉族), 江苏省淮安市人, 教授, 博士生导师, 研究方向为土地可持续利用与土地资源评价。E-mail: yzliu@njau.edu.cn。

土地集约利用与生态环境协调发展是城市可持续发展的核心问题之一。城市土地利用通过对水、大气、地质、土壤以及生物多样性等生态环境的影响,进而对其造成一定的破坏,而良好的生态环境是城市土地集约利用的基本保障,只有二者协调发展,在土地利用过程中才能保证城市经济社会的可持续发展^[2]。目前关于城市土地集约利用与生态环境的研究主要集中在城市土地集约利用的生态环境效应、生态环境对城市土地集约利用的影响^[2-5],而城市土地集约利用与生态环境的协调发展研究较少,且多侧重于定性分析^[6]。城市土地集约利用与生态环境协调发展研究的核心内容是建立科学的评价指标体系和构建协调发展评价模型,定量分析二者协调发展程度。鉴于此,以 1995 年以来中国历年的统计数据为基础,从时空角度分析我国城市土地集约利用与生态环境的协调发展问题,以期对相关政策的制定提供一定的依据。

1 城市土地集约利用与生态环境协调发展的涵义

协调是指 2 个以上系统或系统的要素之间在发展过程中的和谐关系,是系统之间或系统内部各要素之间比例得当、共同促进的互惠互利的状态或态势;从层次性上看,包括系统之间的协调和系统内部要素之间的协调^[7-8]。城市土地集约利用与生态环境的协调度是用来度量城市土地集约利用系统、生态环境系统之间或 2 个系统要素之间协调状况好坏程度的定量指标,是表征 2 系统协调发展的和谐程度;协调度越高,2 个系统或 2 个系统要素之间的协调状况越好^[7,9]。

协调发展是一种多元发展;在协调发展的过程中,发展是系统运动的指向,而协调则是对这种指向行为的有益约束和规定^[8]。城市土地集约利用与生态环境协调发展是指城市土地集约利用系统与城市生态环境系统之间或系统内部要素在协调这有益的约束和规定之下的综合发展,它不允许其中一个系统或系统要素给整体或综合发展产生不利影响,追求的是一种整体提高、全局优化、共同发展的美好前景^[7-9]。城市土地集约利用与生态环境的协调发展度是表征城市土地集约利用系统与生态环境系统的总体发展水平,是度量 2 个系统协调发展水平高低的定量指标^[9]。

2 指标体系与评价模型

2.1 指标体系的建立

根据内涵及影响因素,遵循指标选取的科学性、

系统性、可比性和可获取性等原则,在借鉴已有成果的基础上,从投入水平、利用程度、利用效益和利用可持续性 4 个方面作为城市土地集约利用系统;从水、土、气、生物和资源能源等要素出发来构造生态环境指标,同时考虑到众指标对整个系统的正负功效的差异,将生态环境指标划分为生态环境压力、生态环境状态和生态环境响应 3 个功能团^[10-14]。城市土地集约利用具体指标分别为:地均固定资产投资,人口密度,地均道路铺装面积,人均建设用地面积,地均二三产业增加值,地均财政收入,地均社会消费品零售额,城市人均可支配收入,人均公共绿地面积,建成区绿地覆盖率;生态环境具体指标为工业废水排放量,工业烟尘排放量,工业废气排放总量,工业 SO₂ 排放量,人均公共绿地面积,建成区绿化覆盖率,森林覆盖率,人均耕地面积,人均国土面积,工业废水排放达标量,工业 SO₂ 除去量,工业固体废物综合利用量,环保投资占 GDP 比重。

城市土地集约利用与生态环境相关指标数据均来源于政府统计部门公开发布的权威统计数据:《中国统计年鉴(1996—2009)》,《中国城市统计年鉴(1996—2009)》,《中国环境统计年鉴(1996—2009)》,《中国国土资源年鉴(1996—2009)》等,同时还参考了国民经济和社会发展统计公报的相关数据,从而保证了数据的可靠性与权威性。

2.2 评价模型

2.2.1 指标标准化 由于城市土地集约利用与生态环境 2 个系统内及系统间指标间的量纲以及它们对系统的指向不同,在进行城市土地集约利用水平与生态环境发展水平测算之前对指标进行标准化,以消除由于计量单位、量纲以及数量级不同对评价结果造成的影响。采用极差标准化的方法,对原始数据进行标准化处理^[14]。

2.2.2 指标权重的确定 不同指标对于系统的影响程度存在一定的差异,为了反映这种差异性,需要对评价指标赋以一定的权重,确定评价因子指标权重的方法主要有客观赋权法和主观赋权法。为了避免人为因素的影响,使指标权重确定更具有科学性,采用客观赋权法中的熵值法来确定指标权重。

熵值法是根据各评价指标所含信息有序度的差异性,即信息的效用价值来确定该指标的权重^[15]。在熵值法的计算过程中,运用了对数和熵的概念,根据相应的约束规则,负值和极值不能直接参与运算,应对其进行一定的变换,即应该对熵值法进行一些必要的改进。改进的办法主要有 2 种:功效系数法和标准化变换法,采用标准化变换法对熵值法进行改进^[15-16]。通过用标准化法变换,不需要加入任何主观

信息,是一种完全意义的客观赋权法,而且评价结果是唯一的,同时也有利于缩小极端值对综合评价的影响^[16]。

2.2.3 协调发展评价模型 假设 x_1, x_2, \dots, x_m 为描述城市土地集约利用的 m 个指标; y_1, y_2, \dots, y_n 为描述生态环境的 n 个指标,则城市土地集约利用水平与生态环境发展水平分别为:

$$u(x) = \sum_{i=1}^m a_i x_i; e(y) = \sum_{j=1}^n b_j y_j \quad (1)$$

式中: $u(x), e(y)$ ——城市土地集约利用水平与生态环境发展水平; a_i, b_j ——分别表示城市土地集约利用与生态环境各评价指标的权重; x_i, y_j ——第 i 个城市土地集约利用指标和第 j 个生态环境指标。协调度是度量系统或要素之间协调状况好坏程度的定量指标。采用耦合协调度模型,依据离差系数原理构建协调度,计算公式为^[7-9]:

$$C = \left\{ \frac{4u(x) \cdot e(y)}{[u(x) + e(y)]^2} \right\}^K \quad (2)$$

式中: C ——协调度; K ——调节系数 ($K \geq 2$)。上式反映了城市土地集约利用水平与生态环境发展水平在一定条件下〔即 $u(x)$ 与 $e(y)$ 之和一定〕,为使城市土地集约利用水平与生态环境发展水平〔即 $u(x)$ 与 $e(y)$ 之积〕最大,城市土地集约利用水平与生态环境

发展水平进行组合协调的数量程度。协调度 C 的取值范围为 $[0, 1]$, C 值越大,表明城市土地集约利用与生态环境之间越协调;反之,则越不协调,表明系统处于失调或无序状态。借鉴有关研究成果,结合我国实际情况,设定协调度等级及其划分标准: $0 \leq C < 0.424$, 严重失调; $0.424 \leq C < 0.544$, 中度失调; $0.544 \leq C < 0.613$, 轻度失调; $0.613 \leq C < 0.705$, 濒临失调; $0.705 \leq C < 0.885$, 初级协调; $0.885 \leq C < 0.929$, 中级协调; $0.929 \leq C < 0.993$, 良好协调; $0.993 \leq C \leq 1$, 优质协调。

在城市土地集约利用与生态环境协调度函数模型的基础上,构建城市土地集约利用与生态环境协调发展度模型:

$$D = \sqrt{C \cdot T} \quad [T = \alpha \cdot u(x) + \beta \cdot e(y)] \quad (3)$$

式中: D ——协调发展度; C ——协调度; T ——反映城市土地集约利用与生态环境的整体效益或水平综合评价指数; α, β ——待定权数,由于城市土地集约利用、生态环境同等重要,取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。在此基础上,按照协调发展度 D 的大小将城市土地集约利用与生态环境的协调发展状况划分为由简到详的不同层次,共 7 大类 21 种协调发展亚类(表 1),据此进行城市土地集约利用与生态环境协调发展状况的定量评判^[7-9]。

表 1 城市土地集约利用与生态环境协调发展分类标准

协调发展度	协调发展类型	水平指数对比	协调发展亚类
$0.895 \leq D \leq 1.000$	优质协调发展类	$u(x) < e(y)$	城市土地集约利用滞后
		$u(x) = e(y)$	城市土地集约利用与生态环境同步
		$u(x) > e(y)$	生态环境滞后
$0.795 \leq D < 0.895$	良好协调发展类	$u(x) < e(y)$	城市土地集约利用滞后
		$u(x) = e(y)$	城市土地集约利用与生态环境同步
		$u(x) > e(y)$	生态环境滞后
$0.695 \leq D < 0.795$	中级协调发展类	$u(x) < e(y)$	城市土地集约利用滞后
		$u(x) = e(y)$	城市土地集约利用与生态环境同步
		$u(x) > e(y)$	生态环境滞后
$0.595 \leq D < 0.695$	初级协调发展类	$u(x) < e(y)$	城市土地集约利用滞后
		$u(x) = e(y)$	城市土地集约利用与生态环境同步
		$u(x) > e(y)$	生态环境滞后
$0.495 \leq D < 0.595$	勉强协调发展类	$u(x) < e(y)$	城市土地集约利用滞后
		$u(x) = e(y)$	城市土地集约利用与生态环境同步
		$u(x) > e(y)$	生态环境滞后
$0.395 \leq D < 0.495$	濒临失调类	$u(x) < e(y)$	城市土地集约利用滞后
		$u(x) = e(y)$	城市土地集约利用与生态环境同步
		$u(x) > e(y)$	生态环境滞后
$0 \leq D < 0.395$	失调衰退类	$u(x) < e(y)$	城市土地集约利用滞后
		$u(x) = e(y)$	城市土地集约利用与生态环境同步
		$u(x) > e(y)$	生态环境滞后

3 中国城市土地集约利用与生态环境协调发展时空分析

3.1 中国城市土地集约利用与生态环境协调发展的时序变化

收集 1995 年以来相关评价指标数据,经分析整理后,按照改进的熵值法确定各评价指标的权重。改进的熵值法确定指标权重主要步骤包括评价指标标准化处理、坐标平移、评价指标熵值计算、评价指标差异性系数测算、指标权重确定^[15-16]。根据计算公式,分别得到城市土地集约利用水平与生态环境发展水平的评价结果(图 1)。根据协调发展评价模型,计算 1995—2008 年协调度和协调发展度。

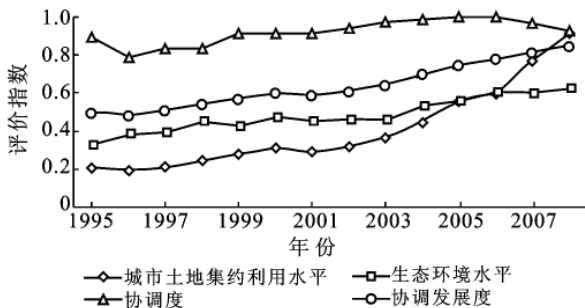


图 1 中国城市土地集约利用与生态环境协调发展时序变化

1995—2008 年协调度经历了“中级协调—初级协调—中级协调—良好协调—优质协调—良好协调”的发展过程,从总体上来说,城市土地集约利用与生态环境在 14 a 内由初级协调转为良好协调,这反映出政府不断探索土地集约利用新途径以突破土地资源对经济发展造成的瓶颈,并不断加强生态环境保护建设。值得注意的是,2005 年以来协调度呈现下降

趋势,主要是因为生态环境发展水平已经低于城市土地集约利用水平,二者的差距呈现扩大趋势,需要进一步加强生态环境保护建设。

协调度虽然能够表示子系统之间的协调关系,但是较大的协调度既可能是低水平的协调发展,也可能是高水平的协调发展,即协调度无法反映出协调发展的整体功能^[9],为此,对协调发展度进一步分析(图 1)。1995—2008 年协调发展水平整体上逐年提高,经历了濒临失调(1995—1996 年)—勉强协调(1997—2001 年)—初级协调(2002—2004 年)—中级协调(2005—2006 年)—良好协调(2007—2008 年)的发展过程。1995—2006 年协调发展水平均是城市土地集约利用滞后型;随着经济社会的发展,政府不断加强城市土地集约利用,生态环境保护建设与城市土地集约利用均处于相对较好的发展长态。2007—2008 年协调发展水平转为生态环境滞后型,主要是因为城市土地集约利用水平已经高于生态环境发展水平。现阶段提升协调发展水平的主要任务是继续保持城市土地集约利用良好发展状态,并加强生态环境保护建设。同时,二者虽然已呈现出协调的状态,但是仅为一种初步的良好协调状态。因此,城市土地集约利用水平还需要进一步提高,在提高城市土地集约利用水平的同时,加强生态环境保护建设,最终达到一种更高层次的协调发展状态。

3.2 中国城市土地集约利用与生态环境协调发展的空间分异

根据上述计算方法和协调发展度评价模型分别计算出 2008 年全国 31 个省区(缺台湾、香港和澳门数据)的协调度和协调发展度的数值,并依据其特征进行归并(图 2)。

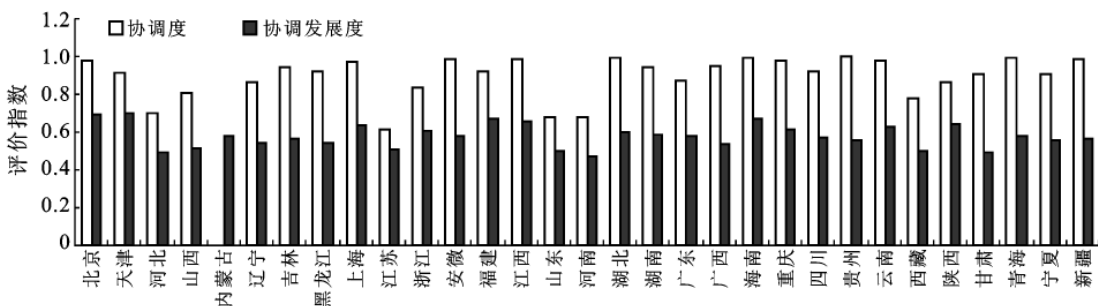


图 2 中国省区城市土地集约利用与生态环境协调发展空间差异

(1) 2008 年全国各省区的协调度明显存在着地域差异。依据大小排序对地区的协调度进行较为细致的划分,可将全国 31 个省区划分为 3 类。①协调度等级较低,包括濒临失调地区(江苏、河南、山东、河

北)和初级协调地区(西藏、山西、浙江、辽宁、陕西、广东)。②协调度等级一般,主要是中级协调地区(甘肃、宁夏、天津、福建、黑龙江、四川)。③协调度等级较高,包括良好协调地区(内蒙古、湖南、吉林、广西、

上海、云南、北京、重庆、新疆、江西、安徽、海南、湖北)和优质协调的其他省区。

(2) 从协调发展度总体分布类型来看,2008 年中国省区协调发展度数值跨度在 0.469~0.700,共涉及 4 种协调发展类型,其中勉强协调发展和初级协调发展 2 种类型分别占到总类型数的 58.06%和 32.26%,说明中国省区基本上还处于较低的协调发展水平。从协调发展度的空间分布来看,不仅中国省区协调发展类型存在省区差异,而且协调发展亚类也明显存在地域差异。结合协调发展分类标准,可以将中国 31 个省区划分为 3 类。①协调发展水平较低,包括濒临失调类型生态环境滞后亚类的省区(河南、河北)。②协调发展水平一般,包括勉强协调发展类型城市土地集约利用滞后亚类的省区(甘肃、西藏、黑龙江、贵州、宁夏、新疆、吉林、青海)和勉强协调发展类型生态环境滞后亚类的省区(山东、江苏、山西、广西、辽宁、四川、内蒙古、安徽、广东、湖南)。③协调发展水平较高,包括初级协调发展类型城市土地集约利用滞后亚类的省区(海南)、初级协调发展类型生态环境滞后亚类的省区(湖北、浙江、重庆、云南、上海、陕西、江西、福建、北京)和中级协调发展类型生态环境滞后亚类的省区(天津)。总体来说,中国省区城市土地集约利用与生态环境协调发展度在空间上是东部省区的协调发展水平高于中西部地区。

(3) 依据协调度和协调发展度的组合可以将 31 个省区划分为 7 类。①协调度的较高等级和协调发展的较高水平型,包括上海、北京、重庆等 7 省市,属于我国经济发展水平较高的地区,社会经济发展基础较好,不断探索土地集约利用新途径以突破土地资源对经济发展造成的瓶颈,并不断加强生态环境保护建设,其城市土地集约利用与生态环境显示出相互促进、相互发展的态势。②协调度的较高等级和协调发展的一般水平型,包括内蒙古、吉林、广西、安徽、新疆等 8 省,这些省区不断加强土地集约利用和生态环境保护建设,二者呈现出相互促进的态势,但城市土地集约利用水平、生态环境发展水平均不高。③协调度的一般等级和协调发展的较高水平型,包括天津、福建,也为我国经济较为发达地区,城市土地集约利用水平与生态环境发展水平较高,二者较为和谐。④协调度的一般等级和协调发展的一般水平型,包括甘肃、宁夏、黑龙江、四川省等,这些省区或者处于西部大开发地带,或者是能源基地,随着经济社会的发展城市土地集约利用程度不断加深,但由于本地生态环境承载力的限制,其城市土地集约利用与生态环境的协调发展水平不高,需要进一步调整二者的长期关

系。⑤协调度的较低等级和协调发展的较高水平型,包括浙江、陕西等省,这些省区城市土地集约利用水平与生态环境发展水平均较高,但生态环境建设滞后,且二者差距较大。⑥协调度的较低等级和协调发展的一般水平型,包括江苏、山东、山西、辽宁等 6 省,生态环境发展水平与城市土地集约利用水平差距很大,大部分省区生态环境建设滞后,不少省区城市土地集约利用水平不高。⑦协调度的较低等级和协调发展的较低水平型,包括河北和河南,城市土地集约利用水平不高,生态环境建设滞后,生态环境发展水平与城市土地集约利用水平差距很大,因而其城市土地集约利用与生态环境建设压力均较大。

(4) 2008 年中国省区的协调发展度与区域经济发展水平存在很强的对应关系,对二者进行相关分析,分析结果显示:协调发展度与人均国内生产总值呈正相关,相关系数为 0.378,且在 5%的水平下显著,说明经济发展水平较高的省区,协调发展度基本也较高,但协调度与经济发展水平的相关性没有通过显著性检验。可见,中国省区的协调度与协调发展度并没有在空间上达到良性共振。研究发现,由于自然条件、经济发展阶段等因素的影响,中国省区城市土地集约利用与生态环境发展差距本来就客观存在,同时在不同的政策取向的作用下,区域城市土地集约利用与生态环境协调度与协调发展度必然存在较大的差异。

4 结论

在阐述城市土地集约利用与生态环境协调发展涵义的基础上,构建了协调发展评价模型,并对 1995 年以来中国城市土地集约利用与生态环境协调发展程度的时空分布进行了分析。

(1) 分析结果表明,基于城市土地集约利用水平评价、生态环境发展水平评价基础之上的协调发展计算模型,能够实现城市土地集约利用与生态环境 2 系统间协调发展程度的定量评价,可信度较高,可操作性较强。

(2) 1995 年以来,中国城市土地集约利用与生态环境的协调度等级由初级协调转为良好协调,但 2005 年以来协调度呈现下降趋势。从协调发展度的时序来看,协调发展水平整体上逐年提高,但仍需向更高层次的协调发展状态转变。

(3) 2008 年全国各省区的协调度与协调发展度都存在着明显的地域差异,且协调发展水平整体上表现出东部地区大部分省区高于中西部地区的规律,而

且与区域经济发展水平具有较强的相关关系,即经济发展水平较高的省区,协调发展度相对较高。

(4) 根据协调度和协调发展度可以将 31 个省区分为 7 类,分别体现了经济发展、自然条件和政策因素等对区域城市土地集约利用与生态环境作用的差异。

(5) 应加快转变经济发展方式,促进产业结构调整升级,优化土地利用结构,完善市场机制,推进增量用地为主的粗放用地方式向以存量用地为主的集约用地方式转变,不断提高城市土地集约利用水平;加强生态环境保护建设,加大对环境保护建设的投入,依靠科技创新,降低能耗,有效发展循环经济,促进生态环境水平的提高;开展城市生态规划,建立环境友好型土地利用模式;与此同时各个省区依据各自的协调发展程度及时采取相应的政策措施进行宏观调控,进而有效促进城市土地集约利用与生态环境协调发展。

[参 考 文 献]

- [1] 姜志德. 中国土地资源可持续利用战略研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 1-2.
- [2] 王恒伟. 基于生态健康的城市土地集约利用[D]. 重庆: 西南大学, 2010.
- [3] 王静, 邵晓梅. 土地节约集约利用技术方法研究: 现状、问题与趋势[J]. 地理科学进展, 2008, 27(3): 68-74.
- [4] 王兰霞, 李巍, 王蕾. 哈尔滨市土地利用与生态环境物元评价[J]. 地理研究, 2009, 28(4): 1001-1010.
- [5] 吴郁玲, 曲福田. 中国城市土地集约利用的影响机理: 理论与实证研究[J]. 资源科学, 2007, 29(6): 106-113.
- [6] 梁红梅, 刘卫东, 刘会平, 等. 深圳市土地利用社会经济效益与生态环境效益的耦合关系研究[J]. 地理科学, 2008, 28(5): 636-641.
- [7] 陈兴雷, 李淑杰, 郭忠兴. 吉林省延边朝鲜族自治州土地利用与生态环境协调度分析[J]. 中国土地科学, 2009, 23(7): 66-70.
- [8] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系[J]. 热带地理, 1999, 19(2): 171-177.
- [9] 封毅, 阎伍玖, 崔灵周, 等. 芜湖市经济与环境协调发展类型评价研究[J]. 水土保持通报, 2007, 27(6): 211-215.
- [10] 曹利军, 王华东. 可持续发展评价指标体系建立原理与方法研究[J]. 环境科学学报, 1998, 18(5): 526-532.
- [11] 彭建超, 徐春鹏, 吴群, 等. 长三角地区城市土地利用集约度区域分异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(2): 103-109.
- [12] 朱天明, 杨桂山, 苏伟忠, 等. 长三角地区城市土地集约利用与经济社会发展协调评价[J]. 资源科学, 2009, 31(7): 1109-1116.
- [13] 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.
- [14] 江红莉, 何建敏. 区域经济与生态环境系统动态耦合协调发展研究[J]. 软科学, 2010, 24(3): 63-68.
- [15] 陶晓燕, 章仁俊, 徐辉, 等. 基于改进熵值法的城市可持续发展能力的评价[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(5): 38-41.
- [16] 郑华伟. 基于改进熵值法的耕地利用集约度评价[J]. 新疆农垦经济, 2010, 29(4): 53-58.

(上接第 191 页)

[参 考 文 献]

- [1] 罗益华. 象山港海域水质状况分析与污染防治对策[J]. 污染防治技术, 2008, 21(3): 88-90.
- [2] 蔡惠文, 孙英兰. 象山港网箱养殖对海域环境的影响及其养殖环境容量研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2006, 7(11): 71-76.
- [3] 马文涛. 支持向量机回归方法在地表水质评价中的应用[J]. 数学的实践与认识, 2007, 37(9): 45-50.
- [4] 仲少云, 王庆, 金秉福. 模糊综合评判法在芝罘湾水质评价中的应用[J]. 海洋湖沼通报, 2007(2): 57-61.
- [5] 邵继业, 王日新, 徐敏强. 贝叶斯网络在模型诊断中的应用[J]. 吉林大学学报, 2010, 40(1): 234-237.
- [6] 胡学钢, 胡春玲. 一种基于依赖分析的贝叶斯网络结构学习算法[J]. 模式识别与人工智能, 2006, 19(4): 445-449.
- [7] 胡春玲, 胡学钢. 一种具有缺失数据的贝叶斯网络结构学习方法[J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2007, 30(4): 449-453.
- [8] Pearl J. Probabilistic reasoning in intelligent systems: Networks of plausible inference[M]. San Mateo, California: Morgan Kaufmann, 1988.
- [9] Solares C, Sanz A M. Bayesian network classifiers: an application to remote sensing image classification [J]. EAS Transactions on Systems, 2005, 4(4): 343-348.
- [10] Acid S, De C L, Castellano J G. Learning Bayesian network classifiers; searching in a space of partially directed acyclic graphs[J]. Machine Learning, 2005, 59(3): 213-235.
- [11] 李刚. 知识发现的图模型方法[D]. 北京: 中国科学院软件研究所, 2001.
- [12] Cooper, Herskovits. A Bayesian method for the induction of probabilistic networks from data [J]. Machine Learning, 1992, 9(4): 309-347.
- [13] Zhang N L, Poole D A. simple approach to Bayesian network computations[C]// Proceedings of the Tenth Canadian Conference on Artificial Intelligence. 1994: 171-178.