

吉林省西部资源环境和人口经济发展的耦合性分析

王明全^{1,2}, 王金达¹, 刘景双¹

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要:以吉林省西部为研究对象,利用耦合协调模型对其资源环境和人口经济发展的耦合性进行了研究。结果表明,1995—2004 年吉林省西部资源环境系统随着降水资源多寡波动性较强。由于内在的脆弱性和人为不合理的开发,资源环境系统发展停滞不前,甚至有降低的趋势。10 a 间吉林省西部经济发展迅速,但仍然处于较低水平,并且对农业依赖性较强。由于人口负担较重,人口福利水平没有实质性的改善,人口子系统发展缓慢。总体来看,虽然吉林省西部资源环境和人口经济协调性呈改善趋势,但多数年份属于人口经济滞后的失调类型或人口经济滞后临界失调类型,未来人口经济的发展将会受到资源环境系统较强的限制作用。

关键词: 农牧交错带; 波动; 耦合; 吉林西部

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)02—0167—06

中图分类号: X820.3

Analysis of the Coupling Between Resource-environment and Population-economy in West Jilin Province

WANG Ming-quan^{1,2}, WANG Jin-da¹, LIU Jing-shuang¹

(1. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 130049, China)

Abstract: By taking the west part of Jilin Province for an example, the coupling coordinate model was employed to analyze coupling interaction between resource-environment and population-economy systems from 1995 to 2004. Analyses indicated that resource-environment system was fluctuated obviously with rainfall and there was a stagnation of resource-environment system owing to the intrinsic frangibility and irrational exploitation. Economy subsystem in West Jilin developed fast in the past 10 years compared with population subsystem. However, economy, with heavy reliance on agriculture, was still lower than other developed regions and human welfare was essentially improved little for undeveloped economy and high human pressure. In general, the coupling coordinate degrees were increased from 1995 to 2004, but most of them belonged to the non-coordinate type or critical non-coordinate type and population-economy lagged behind resource-environment. Resource-environment system may lead to severe restriction to population-economy.

Key words: agro-pastoral ecotone; fluctuation; coupling; West Jilin

北方农牧交错带是我国湿润气候与干旱、半干旱气候,森林生态系统与草原生态系统的复合过渡地带,是我国重要的农牧业生产基地也是中东部地区的重要生态屏障^[1-3]。随着相邻生态系统的过渡与耦合,不同社会经济文化的交替与变迁,农牧交错带形成了独特的,由农牧生态系统作用程度所决定的一系

列特征^[4-5]。该区生态系统稳定性差,抵御外部干扰的能力低,在资源竞争、空间竞争的程度上表现出明显的脆弱性和可塑性,因而这一地带各种生态环境参数在时间上波动强烈,在空间上变化梯度较大^[6],是对全球环境变化和人类活动影响比较敏感的地区之一。吉林省西部地区位于北方农牧交错带东端,近年

收稿日期:2007-09-25

修回日期:2007-11-19

基金项目:国家重点基础研究发展计划(2004CB418507)

作者简介:王明全(1982—),男(汉族),山东省淄博市人,博士研究生,主要从事生态承载力和生态安全方面的研究。E-mail:wangmq04@mails.gucas.ac.cn。

通讯作者:王金达(1964—),男(汉族),黑龙江省大庆市人,博士生导师,主要研究环境生态与生物地球化学。E-mail:wangjinda@neigae.ac.cn。

来其资源环境和社会矛盾尖锐,生态与生产功能冲突严重,人民生活困苦,生态环境恶化,区域可持续发展受到严重的挑战,生态环境的脆弱和人类不合理的开发行为是各种问题的根源。本文以吉林省西部地区为研究对象,探讨该区近年来资源环境和人口经济发展的耦合状况,以便能为区域生态系统可持续优化和社会经济的管理提供借鉴。

1 研究区概况

吉林省西部地区(43°53′—46°18′N, 121°38′—126°17′E)位于松嫩平原西端,行政上包括白城及松原市所管辖的县市(区),面积 $4.69 \times 10^4 \text{ km}^2$,占吉林省总面积的 25.4%。该区年日照时数 2 800 ~ 3 000 h,年总辐射 510 ~ 520 KJ/cm^2 ,多年平均降雨量 400 ~ 500 mm,多年平均蒸发量为 1 500 ~ 1 900 mm,平均相对湿度 60% ~ 65%,无霜期 140 ~ 160 d。

吉林省西部地区自然和社会经济问题主要表现为 3 个方面。(1) 自然气候条件差,自然灾害频繁。吉林省西部是旱灾、冷灾、内涝的多发地带,尤其是旱灾有“十年九旱”之说。(2) 生态系统稳定性差,功能衰退严重。生态系统衰退集中表现为土地沙化,土地盐碱化和草原退化,20 世纪 90 年代全区土壤沙化面积达到 78.5 hm^2 ,比 50 年代增加了 21.6%。全区中度以下盐碱化面积有 $7.84 \times 10^5 \text{ hm}^2$,比 50 年代增加了 $5.0 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。未退化草原面积只剩下 $2.16 \times 10^5 \text{ hm}^2$,约为新中国初期的 10%,并且草原产草量由 1 500 ~ 3 000 kg/hm^2 降到 450 ~ 600 kg/hm^2 。(3) 社会经济水平低,人口压力大,资源开发违背自然规律。20 世纪末吉林省西部人口比建国初期翻了一番,总量达到 4.72×10^6 人,人口压力增大。该区经济结构单一,农业比重过大,初级生产和次级生产

相互错位,生态决策和经济决策失衡,经济增长多以牺牲环境为代价。农业科技支撑能力弱,产品缺乏竞争力,系统整体产出功能不强^[7-9]。

2 研究方法

耦合协调模型有很多,如基于耗散结构理论的耦合模型^[10],基于灰色关联度的耦合模型^[11],基于不等式的耦合模型^[12],借鉴物理学中的容量耦合模型^[13]以及一些其它类型的模型^[14-16],各种模型各有不同的特点,本文采用廖重斌提出的耦合模型^[17-19]。

2.1 指标体系的建立

根据吉林省西部主要的生态环境问题和社会经济特点,选取 12 项指标来反映资源环境系统发展水平,选取 15 项指标来反映人口经济系统发展水平(表 1)。指标的选取遵循全面性、科学性和可行性相统一的原则。其中水资源数据来源于吉林省水资源公报或松辽流域水资源公报(1995—2004)。

人口经济数据来源于吉林统计年鉴和吉林年鉴(1996—2005)。土地利用数据主要来源于 1996, 2000, 2004 年 TM 遥感影像解译结果。其它年份根据线性插值获得,并根据吉林统计年鉴和吉林年鉴进行了检验。

2.2 计算资源环境系统和人口经济系统的发展水平

(1) 数据的标准化,根据指标对评价结果的作用,利用极差标准化方法进行标准化。

$$\text{正向指标 } X_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

$$\text{负向指标 } X_i = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}}$$

式中: X_i ——第 i 项指标标准化值; x_{\max} , x_{\min} ——分别为第 i 项指标最大和最小值。

表 1 吉林省西部资源环境和人口经济发展评价指标

指标类型	具体指标
资源环境 发展指标	资源供给 X_1 人均水资源量(m^3); X_2 单位土地面积水资源(m^3/hm^2); X_3 人均耕地面积(hm^2); X_4 人均林地面积(hm^2); X_5 人均草地面积(hm^2)
	生态环境 X_6 草地覆盖率(%); X_7 林地覆盖率(%); X_8 荒漠化指数(%); X_9 粮食单产(t/hm^2)
	资源利用 X_{10} 地下水占总用水量比重(%); X_{11} 万元 GDP 耗水量(m^3); X_{12} 化肥施用强度(t/hm^2)
人口经济 发展指标	经济水平 Y_1 人均 GDP(元); Y_2 人均固定资产投资(元); Y_3 GDP 增长速率(%); Y_4 人均粮食占有量(kg); Y_5 人均肉类占有量(kg); Y_6 人均纯收入(元); Y_7 第一产业占 GDP 比重(%); Y_8 交通运输业占 GDP 比重(%)
	人口发展 Y_9 人口自然增长率(%); Y_{10} 人口密度($\text{人}/\text{km}^2$); Y_{11} 恩格尔系数(%); Y_{12} 人均住房面积(m^2); Y_{13} 每千人拥有医生数(人); Y_{14} 每 1 万人中科技人员数(人); Y_{15} 非农业人口比重(%)

(2) 利用主成分分析方法计算资源环境和人口经济的发展水平。主成分分析方法是一种对数据进行降维处理的方法,它在各个变量之间相关关系研究的基础上,用一组新的相互无关的综合指标来代替原来指标,而且使这些较少的新变量尽可能多地保留原来较多变量所反映的信息。一般情况下,如果新的指标方差累计贡献率达到 85% 以上,认为其结果是可以接受的。通过 SPSS13.0 软件进行主成分分析,分别得到能反映资源环境系统和人口经济系统发展水平的 3 个主成分(表 2,3)。

利用各主成分的方差贡献率作为权重,以相应主成分得分值为变量,分别构造资源环境和人口经济发展水平的评价函数

$$Z(x) = 0.52658Z(x)_1 + 0.24901Z(x)_2 + 0.13297Z(x)_3$$

$$Z(y) = 0.6384Z(y)_1 + 0.13581Z(y)_2 + 0.10776Z(y)_3$$

式中: $Z(x)$ ——资源环境发展的综合指数; $Z(x)_1 \sim Z(x)_3$ ——所提取的各个主成分得分; $Z(y)$ ——人口经济发展的综合指数; $Z(y)_1 \sim Z(y)_3$ ——相应主成分得分,则

$$Z(x) = 0.52658[X_1, X_2, \dots, X_{12}]^T [S_1^1, S_1^2, \dots, S_1^{12}] + 0.24901[X_1, X_2, \dots, X_{12}]^T [S_2^1, S_2^2, \dots, S_2^{12}] + 0.13297[X_1, X_2, \dots, X_{12}]^T [S_3^1, S_3^2, \dots, S_3^{12}]$$

$$Z(y) = 0.67266[Y_1, Y_2, \dots, Y_{15}]^T [W_1^1, W_1^2, \dots, W_1^{15}] + 0.13625[Y_1, Y_2, \dots, Y_{15}]^T [W_2^1, W_2^2, \dots, W_2^{15}] + 0.07287[Y_1, Y_2, \dots, Y_{15}]^T [W_3^1, W_3^2, \dots, W_3^{15}]$$

表 2 资源环境发展主成分分析结果

主成分	特征值	贡献率/ %	累计贡献率/ %
1	10.090	52.658	52.658
2	2.048	24.901	77.560
3	1.092	13.297	90.856

表 3 人口经济发展主成分分析结果

主成分	特征值	贡献率 %	累计贡献率 %
1	6.992	67.266	67.266
2	2.255	13.652	80.918
3	1.687	7.287	88.197

矩阵 S 和 W 分别为相应的指标得分矩阵,具体数值如表 4。

2.3 计算耦合协调度 $D(x, y)$

$$D(x, y) = C \times T$$

$$C = \frac{Z(x)Z(y)}{[Z(x) + Z(y)]^2}$$

$$T = Z(x) + Z(y)$$

K ——协调系数, $K \geq 2$, 一般取 $K=2$; T ——人口经济和资源环境的综合评价指数, α 和 β 为待定系数,由于资源环境和人口经济对区域可持续发展是同等重要的,所以取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。资源环境与人口经济耦合发展程度就反映了在资源环境与人口经济综合效益一定的条件下(即 $Z(x)$ 与 $Z(y)$ 之和一定),为使复合效益(即 $Z(x)$ 与 $Z(y)$ 之积)最大时,二者发展水平进行协调的发展程度^[15]。

表 4 主成分得分系数矩阵

X	主成分 1	主成分 2	主成分 3	Y	主成分 1	主成分 2	主成分 3
X_1	- 0.007	0.001	0.438	Y_1	0.115	- 0.041	- 0.044
X_2	- 0.015	- 0.004	0.438	Y_2	0.095	- 0.041	0.083
X_3	- 0.005	0.268	0.002	Y_3	0.077	- 0.195	- 0.061
X_4	0.142	- 0.027	- 0.064	Y_4	0.061	0.151	- 0.708
X_5	0.154	- 0.001	0.036	Y_5	0.0842	0.101	- 0.028
X_6	0.145	- 0.005	- 0.001	Y_6	0.130	- 0.073	- 0.128
X_7	- 0.219	- 0.170	0.001	Y_7	0.058	0.029	0.197
X_8	0.185	0.080	0.045	Y_8	0.140	- 0.256	- 0.176
X_9	0.145	0.411	0.144	Y_9	0.024	0.442	- 0.241
X_{10}	0.056	- 0.187	0.104	Y_{10}	- 0.086	- 0.029	- 0.038
X_{11}	0.092	0.415	- 0.084	Y_{11}	0.088	0.036	0.036
X_{12}	- 0.200	- 0.175	0.126	Y_{12}	0.111	- 0.060	- 0.002
-	-	-	-	Y_{13}	- 0.051	0.514	- 0.104
-	-	-	-	Y_{14}	0.045	- 0.052	0.291
-	-	-	-	Y_{15}	0.112	0.008	- 0.093

3 结果与分析

通过计算,得出吉林西部资源环境和人口经济发展水平 $Z(x)$, $Z(y)$ 以及耦合协调度 $D(x, y)$ (表 5)。

3.1 资源环境发展水平

通过表 5 可以看出,吉林西部资源环境发展综合指数 $Z(x)$ 由 1995 年的 0.243 变化为 2004 年的 0.237,在 10 a 中 $Z(x)$ 波动性较为明显,其中 1998 年达到 10 a 中最高值 0.304,之后连续 3 a $Z(x)$ 出现比较明显的低值,主要原因为 1998 年该地区降水丰富,平均降雨量 588.7 mm,甚至导致个别地区出现了较严重的水灾,丰富的水资源使吉林西部免于旱灾的侵扰,利于农业生产和生态系统的改善。1998 年资源供给指数 0.099 8 也是 10 a 中最高的。1998 年后连续 3 年吉林西部地区受到严重的旱灾,1999, 2000, 2001 年降雨量分别为 314.2, 326.5 和 197.4 mm,因而 $Z(x)$ 有所降低,尤其是在 2000 年吉林省西部旱灾影响最为严重,粮食产量只有正常年份的 1/2 左右,其资源供给指数 0.005 仅高于 2001 年,生态环境指数 0.120 和资源利用指数 -0.011 (由于与其它年份差距较大所以数值为负) 都是所研究年份最低的,因而 $Z(x)$ 值 0.127 也是所有年份中最低。总体来看,虽然各项指标互有消长,但吉林省西部资源供给指数和生态环境供给指数都有下降趋势。例如该区人均耕地资源在不断增加,从 0.273 hm^2 上升到 0.310

hm^2 ,森林覆盖率也有改善,但是耕地资源的增加却是以草地资源的损失为代价的。根据遥感解译的结果,吉林省西部草地大约以每年 0.6% 的速度在减少。在农牧交错区域,草地对于维持生态系统正常的生态功能具有重要的意义。耕地的增加和草地的迅速减少会减弱生态环境的抵御能力。1995—2004 年吉林西部资源利用指数略有升高,从 0.035 上升到 0.066。例如,该区万元 GDP 用水量从 1995 年的 1238 m^3 变为 2004 年的 419 m^3 ,用水效益提高到原来的 3 倍,但是吉林的西部总用水量却是在不断增加的,并且地下水资源比例从 1995 年的 34.8% 上升至 2004 年的 71.4%。所以,吉林省西部资源环境系统整体状况不容乐观(图 1)。

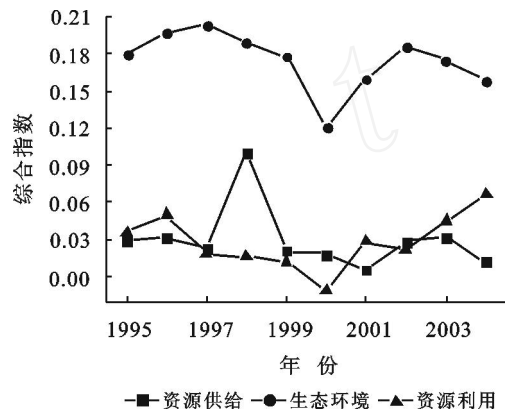


图 1 吉林西部资源环境系统各指标综合指数

表 5 吉林省西部资源环境 $Z(x)$ 和人口经济发展水平 $Z(y)$ 以及耦合协调度 $D(x, y)$

参数类型	1995 年	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
$Z(x)$	0.243	0.278	0.244	0.304	0.210	0.127	0.193	0.235	0.281	0.237
$Z(y)$	0.077	0.118	0.104	0.089	0.134	0.130	0.151	0.169	0.238	0.239
$D(x, y)$	0.293	0.372	0.349	0.311	0.394	0.359	0.409	0.438	0.505	0.487

3.2 人口经济发展水平

1995—2004 年吉林省西部人口经济系统综合指数 $Z(y)$ 由 0.077 变化为 0.239,表明吉林省西部人口经济发展水平有了显著提高。在此期间吉林省西部经济发展水平综合指数由 1995 年 0.026 年变化为 2004 年 0.185,是 $Z(y)$ 提高的主要原因。如 2004 年吉林省西部人均 GDP 上升到 8760 元,达到 1995 年的 2.79 倍,2004 年人均粮食产量为 1342 kg,比 1995 年多 127 kg,人均肉类产量为 113.7 kg,是 1995 年的 2.94 倍。另外在 GDP 增长速率、固定资产投资、人均纯收入等方面都有不同程度的增加。但是,相对于其它地区而言,吉林省西部经济水平仍然较为落后。如 2004 年人均 GDP 8760 元,低于吉林

省平均水平的 10932 元,而且该区以农业作为重要的经济来源,对生物资源开发依赖较重,在该区脆弱的生态环境条件下是很难长久持续的。吉林省西部所辖县市也多为国家级或省级扶贫对象。相对而言,吉林省西部人口发展指数对 $Z(y)$ 贡献较小,仅仅从 1995 年的 0.051 变化为 2004 年的 0.054,表明虽然吉林省西部经济水平有增长,但人口的福利水平并没有实质性的增加,除了经济水平相对于其它地方仍然较落后以外,阻碍人口发展的主要原因就是人口压力过重。根据 FAO 的建议,在干旱半干旱的区域人口的密度最好应低于 20 人/ km^2 ^[4],而吉林西部 1995 和 2004 年分别达到 94 人和 101 人,并且还在继续增长。人口的增加需要更多的资源供给和社会保障,但

是该区在每千人拥有医生数,每万人中专业人员比重,非农业人口比重等指标发展缓慢,甚至个别年份发展水平还有不同程度的下降(图2)。

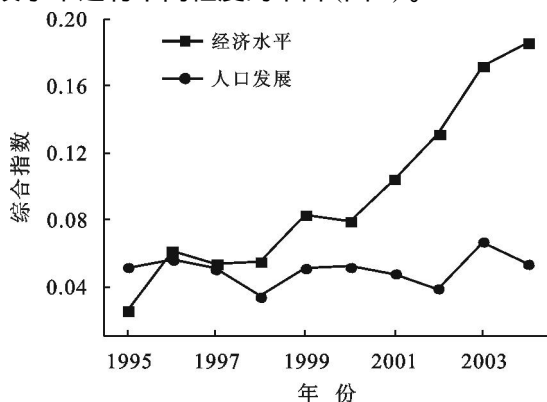


图2 吉林省西部人口和经济发展综合指数

3.3 资源环境和人口经济的耦合发展

资源环境系统和人口经济系统耦合关系是两个系统紧密联系、相互作用的结果,资源环境系统向人们提供资源、生态服务,消纳人类产生的废物,人口需要消耗资源和生态服务来发展经济以提高福利水平,同时会不断地提高资源效率,减少废物的排放并进行生态环境的维护以提高其承载能力。根据文献[17—18],资源环境和人口经济的发展耦合协调发展

度可分为10类(表6),每个类别下面又可分为3种类型: $Z(x) > Z(y)$,人口经济滞后型; $Z(x) = Z(y)$,资源环境系统和人口经济同步型; $Z(x) < Z(y)$,资源环境滞后型。耦合与协调是不同的概念,耦合包含协调也包含不协调,资源环境和人口经济的协调发展是人们所追求的目标,两个系统要协调发展,就要兼顾效益与平衡。1995—2004年吉林省西部资源环境和人口经济的耦合协调度 $D(x, y)$ 在波动当中从0.293变化为0.497,表明资源环境和人口经济的耦合协调程度在升高。吉林省西部耦合协调度从1995年中度失调衰退类型变化为2004年濒临失调衰退类型,其中2003年 $D(x, y)$ 达到最高值0.505,属于勉强协调发展类型。虽然吉林省西部地区 $D(x, y)$ 有升高的趋势,但是大多数属于失调衰退或濒临失调衰退类型,表明吉林省西部资源环境和人口经济系统之间还是相互拮抗的。

相比较而言,1995—2004年吉林省西部人口经济水平较滞后于资源环境水平,而近几年经济水平不断升高,但是资源环境却是停滞不前,甚至还略有下降的趋势,说明人口经济的发展是以损害资源环境为代价的,吉林省西部未来人口经济的发展将会受到资源环境系统较强的限制^[19—20]。

表6 耦合协调度评判标准

不可接受区间	失调衰退类型	可接受区间	协调发展类型
0~0.09	极度失调衰退类	0.5~0.59	勉强协调发展类
0.1~0.19	严重失调衰退类	0.6~0.69	初级协调发展类
0.2~0.29	中度失调衰退类	0.7~0.79	中级协调发展类
0.3~0.39	轻度失调衰退类	0.8~0.89	良好协调发展类
0.4~0.49	濒临失调衰退类	0.9~1.00	优质协调发展类

4 结语

利用耦合协调评价模型对吉林省西部1995—2004年资源环境系统和人口经济系统的耦合协调性进行了分析。

(1) 吉林省西部资源环境系统随着降水资源多寡波动性较强,由于内在的脆弱性和人为不合理的开发,资源环境系统发展停滞不前,甚至有降低的趋势。

(2) 10 a间吉林西部经济水平发展迅速,但相比之下仍然处于较低水平,并且对农业依赖性较强。由于人口负担较重,吉林省西部人口福利水平没有实质性的改善,人口子系统发展缓慢。

(3) 1995—2004年吉林省西部资源环境和人口经济协调性呈改善趋势,但多数年份仍属于失调经济

滞后类型和临界失调经济落后类型,未来人口经济的发展将会受到资源环境系统较强的限制作用。

[参 考 文 献]

- [1] 赵哈林,赵学勇,张铜会. 北方农牧交错带的地理界定及其生态问题[J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 739—747.
- [2] 史德宽. 农牧交错带在可持续发展战略中的特殊地位[J]. 草地学报, 1999, 7(1): 17—21.
- [3] 叶学华,梁士楚. 中国北方农牧交错带优化生态—生产范式[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2878—2886.
- [4] 程序. 农牧交错带研究中的现代生态学前沿问题[J]. 资源科学, 1999, 21(5): 1—8.
- [5] 程序. 中国北方农牧交错带生态系统的独特性及其治理开发的生态学原则[J]. 应用生态学报, 2002, 13(11): 1503—1506.

- [6] 黄锡畴,孟宪玺. 东北地区西部生态环境脆弱带研究[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [7] 胜连喜,刘长生,周道纬. 吉林生态与生态建设[M]. 长春:东北师范大学出版社,2001.
- [8] 裘善文,张柏,王志春. 吉林省西部土地荒漠化现状、特征与治理途径研究[J]. 地理科学,2003,23(2):188—192.
- [9] Pan Xiangliang, Deng Wei, Zang Daoyong, et al. Sustainable agriculture in the semi-arid agro-pastoral interweaving belt of Northern China[J]. Outlook on Agriculture, 2003, 32(3): 165—172.
- [10] 刘耀彬,宋学锋. 城市化与生态环境耦合模式及判别[J]. 地理科学,2005,24(4):408—414.
- [11] 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.
- [12] 张晓东,池天河. 90年代中国省级区域经济与环境协调度分析[J]. 地理研究,2001,20(4):506—515.
- [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,2005,25(11):105—112.
- [14] 乔标,方创琳. 城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J]. 生态学报,2005,25(11):3003—3009.
- [15] 李佳,吴军年,杜哲. 生态脆弱地区资源—环境—经济协调发展程度评价:以民勤地区为例[J]. 中国沙漠,2007,27(1):117—122.
- [16] 张妍,尚金城,于相毅. 城市经济与环境发展耦合机制的研究[J]. 环境科学学报,2003,23(1):107—112.
- [17] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系:以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理,1999,19(2):171—177.
- [18] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系:以珠江三角洲城市群为例[J]. 广州环境科学,1996,11(1):12—16.
- [19] 吴文恒,牛叔文,郭晓东. 中国人口与资源环境耦合的演进分析[J]. 自然资源学报,2006,21(6):853—861.
- [20] 陈静,曾珍香. 社会、经济、资源、环境协调发展评价模型研究[J]. 科学管理研究,2004,6(3):9—13.

(上接第 156 页)

- [3] Kogan F N. Global drought watch from space[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1997(78): 621—636.
- [4] Song X, Saito G, Kodama M, et al. Early detection system of drought in East Asia using NDVI from NOAA/AVHRR data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(16): 3105—3111.
- [5] 陈云浩,李晓兵,史培军. 1983—1992年中国陆地 NDVI 变化的气候因子驱动分析[J]. 植物生态学报, 2001, 25(6): 717.
- [6] 张远东,徐应涛,顾峰雪,等. 荒漠绿洲 NDVI 与气候、水文因子的相关分析[J]. 植物生态学报, 2003, 27(6): 816—821.
- [7] 李本纲,陶澍. AVHRR NDVI 与气候因子的相关分析[J]. 生态学报, 2000, 20(5): 898—902.
- [8] Maisongrande P, Duchemin B, Dedieu G. VEGETATION/ SPOT: an operational mission for the earth monitoring; presentation of new standard products[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(1): 9—14.
- [9] 陈维英,肖乾广,盛永伟. 距平植被指数在 1992 年特大干旱监测中的应用[J]. 环境遥感, 1994, 9(2): 106—112.