

无锡市经济社会转型及其乡村生态环境响应

周 蕾¹, 杨 山^{1①}, 姜石良² (1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023; 2. 河北省城乡规划设计研究院, 河北 石家庄 050000)

摘要: 应用弹性理论和灰色关联分析方法构建乡村生态环境与经济社会转型的响应模型, 分析无锡市乡村生态环境对经济社会转型的响应过程及其耦合关系。结果表明, 1978—2010 年无锡乡村生态环境对经济社会转型表现为负向响应特征, 响应强度曲线呈现出先增强后减弱的“倒抛物线”变化趋势; 经济非农化是影响乡村生态环境的首要因素, 1990 年代中期以来的社会城市化以及 2002 年以来的经济外向化对乡村生态环境的影响不断加大; 同时, 乡村生态环境对经济社会转型也存在反馈约束作用, 生态用地减少和环境质量下降是制约经济社会发展的显著因素。

关键词: 经济社会转型; 乡村生态环境; 响应; 无锡

中图分类号: X170.45 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4831(2013)04-0454-06

Responses of Rural Ecological Environment to Eco-Social Transformation in Wuxi. ZHOU Lei¹, YANG Shan¹, JIANG Shi-liang² (1. School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China; 2. Urban and Rural Design Institute of Hebei Province, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: Rural ecological environment is evolving with the eco-social transformation in Wuxi, and some correlations could be found between the two. Based on the theory of elasticity and GRAP, modeling of response of rural ecological environment to eco-social transformation was completed for analysis of processes of the response and coupling relationship between the two. Results show that the rural ecological environment responded negatively to the eco-social transformation during 1978-2010, and strength of the response displayed a curve of inverted parabola' pattern, namely rising first and then falling. Non-agriculturalization of the economy was the primary factor influencing the rural ecological environment. The influences of the social urbanization that started in the 1990s and the export-oriented economy that began in 2002 on the rural ecological environment have been growing steadily. And meanwhile, the changing rural ecological environment in turn affected the eco-social transformation. The decrease in ecological land and the deterioration of the environmental quality are the significant factors limiting the eco-social transformation.

Key words: eco-social transformation; rural ecological environment; response; Wuxi

1978 年以来, 我国东部沿海地区的乡村发展取得巨大成功, 以集体乡镇企业兴起为主要特征的苏南模式成为我国乡村发展的典型, 代表了经济体制改革以来乡村发展的巨大成就^[1]。苏南地区正处于从农业、乡村和封闭半封闭的传统经济社会模式向工业、城镇和开放的现代经济社会模式快速转型时期, 其经济的非农化、市场化和外向化程度不断加深, 同时人口结构和就业结构也发生了巨大变化^[2-3]。然而, 伴随经济社会的转型, 乡村地区的植被覆盖、水网系统、生态用地和环境质量等也出现了一系列的响应变化。

人类活动对生态环境的影响是地理学、生态学及环境科学等相关学科共同的研究热点, 国内外学者对其进行了大量实证研究, 诸如以城市化和工业化程度^[4-5]、人口迁移与聚集规模^[6]、土地利用方

式^[7-8]等为研究切入点, 探讨各类因素对生态环境的影响。许多学者也通过构建不同影响因素与生态环境演变之间的理论关系模型^[9-10], 深入挖掘经济社会发展与生态环境变化的内在机理及其对应的空间分异特征。与此同时, 也有诸多学者对工业发展、产业结构变化等社会经济活动的生态环境效应及互动机理进行了探讨与分析^[11-12]。

以上研究从微观视角侧重因素影响解释了生态环境演变的过程和机理, 并未涉及因素的宏观背景, 而我国近 30 多 a 生态环境演变是在经济社会转型时期经济社会运行机制发生快速转变作用下的

收稿日期: 2012-12-24

基金项目: 国家自然科学基金(41171133); 高等学校博士学科点专项科研基金(20123207110017)

① 通信作者 E-mail: yangshan@njnu.edu.cn

特殊现象。经济社会转型是我国城乡 30 多 a 来一切变化的基础,无锡乡村是苏南模式的典型代表,自 1978 年以来无锡市经济社会发展速度一直走在我国前列。随着工业化、城镇化的不断发展和人口快速增长,该地区人地矛盾、人与空间的不协调状态日益严重,其乡村生态环境受经济社会转型的影响突出。选取该地区开展经济社会转型及其乡村生态环境响应规律的研究,对于分析我国乡村生态环境变化具有重要的现实意义。

1 研究方法

1.1 研究路线

通过建立响应指标体系,应用弹性理论和灰色关联分析方法构建响应模型,分析乡村生态环境对经济社会转型的动态响应过程,揭示乡村生态环境的响应规律,其研究路线如图 1 所示。其中,乡村生态环境指主要由生物群落及非生物自然因素组成的各种生态系统所构成的整体,既受经济社会发展影响,又在资源、环境等方面对经济社会发展起到支撑作用,其范围为城市建成区边界以外的地域空间。响应是一定时间尺度下一个系统在另一个系统变化的影响作用下所形成的适应与反馈效应^[13]。

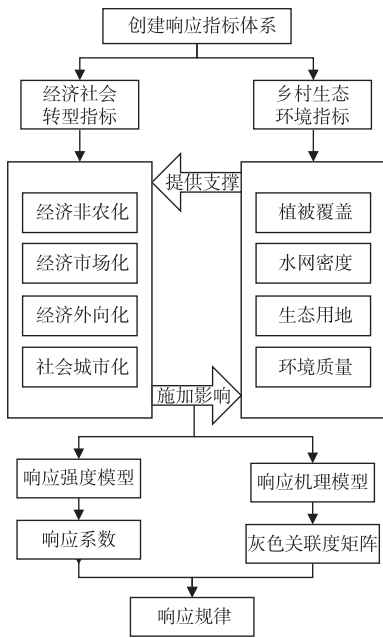


图 1 研究路线

Fig. 1 Route of the study

1.2 响应指标体系构建

响应指标体系包括经济社会转型指标体系和乡村生态环境指标体系 2 个部分。根据我国经济社会

转型的过程和特征,参考已有相关研究^[14-17],从经济非农化、经济市场化、经济外向化和社会城市化 4 个方面表征经济社会转型,并应用相关分析和独立性分析对选取的指标进行独立性筛选,最终确定经济社会转型指标体系(表 1)。

表 1 经济社会转型指标体系

Table 1 Eco-social transformation index system

目标层	指标层	分指标层
经济社会转型指数(I_{EST})	经济非农化程度(X_1)	第二、三产业产值占 GDP 比例(X_{11}) 非农产业产值占农村总产值比例(X_{12})
	经济市场化程度(X_2)	非公有制经济产值占工业总产值比例(X_{21}) 非公有制经济固定资产占工业固定资产比例(X_{22})
经济外向化程度(X_3)	实际利用外商直接投资占 GDP 比例(X_{31}) 出口产值占 GDP 比例(X_{32})	
社会城市化程度(X_4)	非农业人口比例(X_{41}) 非农业劳动力占乡村劳动力比例(X_{42})	

乡村生态环境评价指标体系构建以原国家环境保护总局制定的《生态环境状况评价技术规范(试行)》^[18]为基础,并针对无锡市乡村实际情况作适当调整,从植被覆盖、水网密度、生态用地退化度和环境质量 4 个方面进行指标分解与特征细化(表 2)。

表 2 乡村生态环境评价指标体系

Table 2 Rural ecological environment index system

目标层	指标层	分指标层
乡村生态环境指数(I_{RE})	植被覆盖指数(Y_1)	林地面积占乡村地域面积比例(Y_{11})
		草地面积占乡村地域面积比例(Y_{12})
		耕地面积占乡村地域面积比例(Y_{13})
		水网密度指数(Y_2)
生态用地退化指数(Y_3)	生态用地退化指数(Y_3)	单位面积河流长度(Y_{21})
		水域面积占乡村地域面积比例(Y_{22})
		单位面积水资源量(Y_{23})
环境质量指数(Y_4)	环境质量指数(Y_4)	非生态用地边界长度比例 ¹⁾ (Y_{31})
		生态用地破碎度 ²⁾ (Y_{32})
		单位面积 SO_2 排放量(Y_{41}) 单位降水量 COD 排放量(Y_{42}) 单位面积固体废物排放量(Y_{43})

1)非生态用地边界长度/各类用地边界总长度; 2)生态用地斑块数/生态用地总面积。

植被覆盖度用以反映经济社会发展对乡村植被状态的影响;水系是无锡市乡村生态环境中非生物自然因素的重要组成部分,以水网密度指数反映经济社会发展对水系变化程度的影响;因经济社会发展的需要,乡村林地、草地、耕地、水体等生态用地被侵占的现象极为严重,故用生态用地退化度指数反映乡村生态用地被占用程度;环境质量用以反映乡村经济非农化过程中的环境污染状态。

利用因子分析法确定各经济社会转型指标和乡村生态环境评价指标的权重。为便于分析比较经济社会转型和乡村生态环境演变的过程,将经济社会转型指数(I_{EST})和乡村生态环境状况指数(I_{ER})的计算结果进行极大值标准化处理,以消除量纲的影响。

1.3 乡村生态环境响应强度模型

弹性理论是研究因变量相对变化对自变量相对变化反应灵敏程度的理论^[19]。乡村生态环境响应类似于经济学中的弹性现象,故可构建乡村生态环境的响应强度模型,定量分析乡村生态环境响应强度及变化规律。响应强度模型为

$$e = \frac{I_{RE,t+1} - I_{RE,t}}{n \times I_{RE,t}} \bigg/ \frac{I_{EST,t+1} - I_{EST,t}}{n \times I_{EST,t}} \quad (1)$$

式(1)中, e 为响应系数; $I_{ER,t}$ 为 t 时期的乡村生态环境指数; $I_{EST,t}$ 为 t 时期的经济社会转型指数; n 为间隔时间。令 V_{REI} 表示乡村生态环境变化率, V_{ESTI} 表示经济社会转型变化率,则两者响应的6种模式见表3。

$$\xi_i(j)(t) = \frac{\min_i \min_j |Z_i^X(t) - Z_j^Y(t)| + \rho \max_i \max_j |Z_i^X(t) - Z_j^Y(t)|}{|Z_i^X(t) - Z_j^Y(t)| + \rho \max_i \max_j |Z_i^X(t) - Z_j^Y(t)|} \quad (2)$$

式(2)中, $\xi_i(j)(t)$ 为 t 时期的关联系数; $Z_i^X(t)$ 和 $Z_j^Y(t)$ 分别为 t 时期经济社会转型与乡村生态环境指标的标准化值; ρ 为分辨系数,一般取值0.5。

经济社会转型中各因素与乡村生态环境演变特征的关联度矩阵为

$$\gamma = \begin{matrix} X_1 \\ \vdots \\ X_i \end{matrix} \begin{vmatrix} \gamma_{11} & \cdots & \gamma_{1j} \\ \vdots & & \vdots \\ \gamma_{i1} & \cdots & \gamma_{ij} \end{vmatrix} \quad (3)$$

式(3)中, $\gamma_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \xi_i(j)(t), i=1,2,\dots,8, j=1,2,\dots,4; k$ 为样本数。

将关联系数按样本数 k 求其平均值可以得到关联度矩阵,如式(3)所示。该矩阵反映了经济社会系统中各因素与乡村生态环境系统演变特征的关联度。通过比较 γ_{ij} 的大小,可以得出经济社会系统

表3 经济社会转型下乡村生态环境响应的6种模式

Table 3 Six modes of the response of rural ecological environment to eco-social transformation

乡村生态环境变化率 V_{REI}	经济社会转型变化率 V_{ESTI}	响应系数 e	响应模式 ¹⁾
$V_{REI} > 0$	$V_{ESTI} > 0$	$e > 1$	富有弹性正响应
$V_{REI} > 0$	$V_{ESTI} > 0$	$e = 1$	单位弹性正响应
$V_{REI} > 0$	$V_{ESTI} > 0$	$0 < e < 1$	缺乏弹性正响应
$V_{REI} < 0$	$V_{ESTI} > 0$	$e < -1$	富有弹性负响应
$V_{REI} < 0$	$V_{ESTI} > 0$	$e = -1$	单位弹性负响应
$V_{REI} < 0$	$V_{ESTI} > 0$	$-1 < e < 0$	缺乏弹性负响应

1) 正响应表示乡村生态环境随经济社会转型而改善;负响应表示乡村生态环境随经济社会转型而恶化。

1.4 乡村生态环境响应机理模型

灰色关联分析方法能较全面地分析经济社会系统和乡村生态环境系统之间相互影响的行为特征,其基本思想是定量比较系统之间或系统内部各要素之间特征曲线的几何形状,根据特征曲线变化的大小、方向和速度等指标的接近程度来度量因素之间的关联程度,曲线越接近,关联度越大,反之越小^[20-21]。通过测算经济社会转型和乡村生态环境演变的关联度,分析两者之间的胁迫影响和反馈约束作用,进而揭示两者的响应机理。

用 (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) 表示乡村生态环境演变特征的数据序列;用 $(X_{11}, X_{12}, X_{21}, X_{22}, X_{31}, X_{32}, X_{41}, X_{42})$ 表示经济社会转型因素的数据序列。采用极差标准化方法对数据进行无量纲化处理,然后进行灰色关联分析。灰色关联模型为

与乡村生态环境系统演变关系密切的因素。若 $0 < \gamma_{ij} \leq 1$,说明乡村生态环境系统中某一指标 $Z_i^X(t)$ 与经济社会转型某指标 $Z_j^Y(t)$ 间存在关联性, γ_{ij} 值越大,关联度越大,反之亦然。其中, $0 < \gamma_{ij} \leq 0.35$ 时,关联度较弱; $0.35 < \gamma_{ij} \leq 0.65$ 时,关联度一般; $0.65 < \gamma_{ij} \leq 0.90$ 时,关联度较强; $0.90 < \gamma_{ij} \leq 1.00$ 时,关联度极强^[22]。

采用同样方法可求得乡村生态环境中各因素与经济社会转型特征的关联度矩阵。

1.5 数据来源

研究区乡村生态环境的空间数据包括无锡市1:10万地形图,1978年MSS遥感影像,1984、1992、1995、1998、2001、2005、2008和2010年TM遥感影像和行政区划图。经济社会数据包括对应年份的统计年鉴以及各乡镇经济社会调查数据。空间数

据采用 Erdas 8.7、ArcView GIS 3.3 和 Fragstats 3.3 软件处理,经济社会数据采用 SPSS 18.0 软件处理。

2 无锡乡村生态环境响应分析

2.1 乡村生态环境变化分析

如图 2 所示,乡村生态环境指数 I_{RE} 从 1978 年的 88.3 下降到 2010 年的 34.9,呈现出逐渐下降趋势。对比不同时期的 I_{RE} 及其年均变化率,可将无锡乡村生态环境变化分为 3 个阶段,不同阶段乡村生态环境变化的主导因素存在差异。1978—1992 年,尽管乡村生态用地快速退化,环境质量急剧下降,但由于植被覆盖度处于相对稳定状态,水网密度呈上升趋势,使得乡村生态环境整体上仍处于较好状态;1992—2002 年,4 项指标均快速下降,造成 I_{RE} 明显下降,由此导致严重的乡村生态环境恶化;2002 年以后,水网密度呈现上升趋势,环境质量变化基本稳定,导致 I_{RE} 下降速度较前一阶段有所减缓,植被覆盖度下降和生态用地退化成为乡村生态环境恶化的主导因素,这一时期乡村生态环境在很大程度上受土地利用方式与结构的影响。

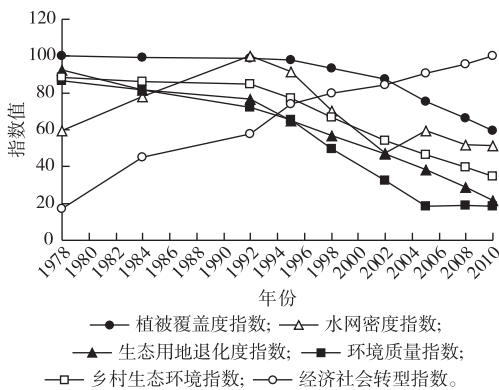


图 2 1978—2010 年无锡乡村生态环境指数及各指标值、经济社会转型指数变化

Fig. 2 Indices of rural ecological environment and eco-social transformation in Wuxi during 1978—2010

2.2 乡村生态环境响应强度分析

2.2.1 响应强度总体特征

图 3 显示,乡村生态环境对经济社会转型表现为负向响应,伴随无锡市经济社会快速转型,乡村生态环境质量不断下降,响应系数 e 的绝对值总体上逐步增大,表明乡村生态环境对经济社会转型的响应强度不断增加,两者之间的相互作用日益加强。

2.2.2 响应强度阶段变化特征

乡村生态环境对经济社会转型的响应系数呈

现类似“倒抛物线”的变化轨迹(图 3)。1978—1992 年为响应强度较低阶段。1978—1984 和 1984—1992 年响应系数分别为 -0.07 和 -0.11,乡村生态环境响应系数的绝对值缓慢增加,属于缺乏弹性负响应。 I_{EST} 年均增长 2.9,说明经济社会迅速转型,而 I_{ER} 年均减少 0.25,变化较小,反映经济社会转型对乡村生态环境的胁迫作用有限,对生态环境还没有造成实质性影响。而同期乡村生态环境对经济社会转型的反馈约束作用几乎可以忽略不计。

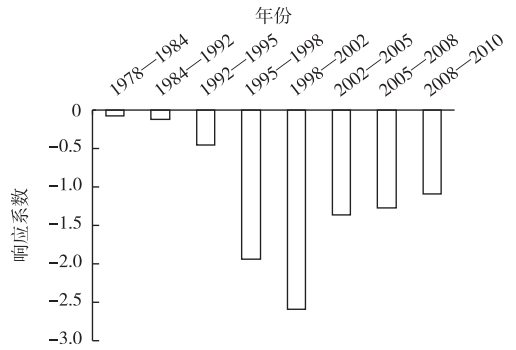


图 3 1978—2010 年无锡乡村生态环境对经济社会转型的响应系数

Fig. 3 Coefficient of the response of the rural ecological environment to the eco-social transformation in Wuxi during 1978—2010

1992—2002 年为响应强度快速提高阶段。乡村生态环境的负向响应程度急剧上升,1992—1995 年响应系数为 -0.46,1998—2002 年已达 -2.58,这一阶段乡村生态环境响应属于富有弹性负响应。 I_{EST} 年均增长 2.66,说明经济社会仍然以较快速度转型, I_{ER} 年均减少 3.05,表明乡村生态环境迅速下降,反映经济社会转型对乡村生态环境的影响日益加剧,对乡村生态环境的胁迫作用不断增强,同时乡村生态环境对经济社会转型的反馈约束作用也开始显现。

2002—2010 年为响应强度下降阶段。这一阶段响应系数绝对值逐年下降,2008—2010 年响应系数为 -1.09,乡村生态环境响应基本属于单位负响应。乡村生态环境对经济社会转型的反馈约束作用日益突出, I_{EST} 年均增长 1.94,表明经济社会转型速度明显放慢。随着无锡市生态投入的增加、发展模式的调整 and 环境保护受重视程度增加,乡村生态环境下降速度放缓, I_{ER} 年均减少 2.42。但总体而言,乡村整体生态环境水平呈现更为严峻的局面,已成为制约经济社会转型的主要因素。

2.3 乡村生态环境的响应机理分析

2.3.1 经济社会转型对乡村生态环境的胁迫影响作用

如表4所示,二、三产业产值占GDP比例(X_{11})、非农产业产值占农村总产值比例(X_{12})与 I_{RE} 及其特征变量植被覆盖度(Y_1)、生态用地退化度(Y_3)、环境质量指数(Y_4)的关联度均大于0.9,关联序位于前3位,说明经济非农化是影响乡村生态环

境的首要因素。这与1978年以来无锡集体乡镇企业兴起、1990年代以来的开发区建设密切相关。无锡市乡村总产值由1978年的9.1亿元增长到2010年的5719.4亿元,非农经济占乡村总产值比例从1978年的34.3%增长到2010年的99.1%,以第二产业为主的非农经济的迅猛发展使建设用地扩张迅速,导致植被覆盖急剧减少和生态用地退化。

表4 经济社会转型因素与乡村生态环境演变特征的关联度矩阵

Table 4 Grey correlation matrix of the eco-social transformation factors and the evolution characteristics of the rural ecological environment in Wuxi

指标	Y_1		Y_2		Y_3		Y_4		I_{RE}	
	关联度	位次	关联度	位次	关联度	位次	关联度	位次	关联度	位次
X_{11}	0.920	3	0.720	1	0.923	1	0.920	1	0.919	2
X_{12}	0.931	1	0.719	2	0.920	2	0.908	3	0.918	3
X_{21}	0.891	5	0.690	6	0.832	8	0.871	6	0.859	8
X_{22}	0.865	7	0.671	8	0.882	7	0.877	5	0.869	7
X_{31}	0.890	6	0.699	4	0.913	4	0.879	4	0.915	5
X_{32}	0.884	8	0.680	7	0.893	6	0.821	7	0.891	6
X_{41}	0.931	2	0.698	5	0.912	5	0.909	2	0.923	1
X_{42}	0.898	4	0.718	3	0.920	3	0.806	8	0.916	4

$X_{11} \sim X_{42}$ 为经济社会转型指标, $Y_1 \sim Y_4$ 为乡村生态环境指标,其具体含义见表1~2。 I_{RE} 为乡村生态环境指数。

非农业人口比例(X_{41})、非农业劳动力占乡村劳动力比例(X_{42})与乡村生态环境指数(I_{RE})的关联度分别为0.923和0.916,关联序分别为第1和第4位,与乡村植被覆盖度(Y_1)的关联度分别为0.931和0.898,关联序分别为第2和第4位,与乡村生态用地退化度(Y_3)的关联度分别为0.912和0.920,关联序分别为第5和第3位,说明社会城市化是影响乡村生态环境的另一重要因素。1990年代中期以后乡村劳动力数量大幅下降,从1995年的62.9万人减少到2010年的48.9万人;在乡村劳动力就业结构方面,1978年非农业劳动力为14.7万人,仅占乡村劳动力总量的25.9%,至2010年,非农业劳动力为44.3万人,占乡村劳动力总量的77.9%。从事农业生产的乡村劳动力不断向非农产业或城市转移,其引起的耕地撂荒、农业生产不断粗放化是乡村植被覆盖度减少和生态用地退化的重要原因。

实际利用外商直接投资占GDP比例(X_{31})、出口产值占GDP比例(X_{32})与 I_{RE} 的关联度分别为0.915和0.891,关联序分别为第5和第6位,与乡村生态用地退化度(Y_3)的关联度分别为0.913和0.893,关联序分别为第4和第6位。2002年以来无锡市外向型经济快速发展,外商直接投资从2002年的12.3亿美元增长到2010年的30.7亿美元,出

口产值占GDP比例从2002年的52.6%增长到2010年的97.9%。由于外资企业以技术密集型产业为主,经济外向化对乡村生态环境的影响主要体现在对乡村生态用地的占用方面,对乡村生态环境其他方面的影响相对较小。

根据灰色关联度模型的计算结果,经济社会转型因素对 I_{RE} 的综合关联度为0.901,该结果也同样反映经济社会转型对乡村生态环境具有极强的胁迫作用。

2.3.2 乡村生态环境对经济社会转型的反馈约束作用

由灰色关联度模型计算得出,乡村生态环境各因素对 I_{EST} 的综合关联度为0.784,低于经济社会转型各因素对 I_{RE} 的综合关联度0.901,说明乡村生态环境各因素对经济社会转型存在反馈约束作用,但该反馈约束作用弱于经济社会转型各因素对其的胁迫影响作用。如表5所示,在乡村生态环境因素中,生态用地退化度指数(Y_3)、环境质量指数(Y_4)与 I_{EST} 的关联度较高,分别为0.909和0.798,与各经济社会转型因素也具有较高的关联度,说明生态用地退化和环境质量下降比植被覆盖和水网密度变化对经济社会发展的制约作用更明显。

表5 乡村生态环境因素与经济社会转型特征的关联度矩阵

Table 5 Grey correlation matrix of rural ecological environment factors and eco-social transformation characteristics

指标	X_{11}		X_{12}		X_{21}		X_{22}		X_{31}		X_{32}		X_{41}		X_{42}		I_{EST}	
	关联度	位次	关联度	位次	关联度	位次	关联度	位次	关联度	位次	关联度	位次	关联度	位次	关联度	位次	关联度	位次
Y_1	0.823	3	0.846	2	0.815	3	0.768	3	0.823	3	0.828	3	0.878	2	0.841	2	0.768	3
Y_2	0.695	4	0.689	4	0.69	4	0.699	4	0.699	4	0.759	4	0.708	4	0.682	4	0.659	4
Y_3	0.886	1	0.860	1	0.846	2	0.858	1	0.876	1	0.837	2	0.863	3	0.855	1	0.909	1
Y_4	0.877	2	0.822	3	0.896	1	0.836	2	0.838	2	0.884	1	0.886	1	0.806	3	0.798	2

$X_{11} \sim X_{42}$ 为经济社会转型指标, $Y_1 \sim Y_4$ 为乡村生态环境指标,其具体含义见表1~2。 I_{EST} 为经济社会转型指数。

3 结论

应用弹性理论和灰色关联分析方法对无锡乡村生态环境演变与经济社会转型进行响应关系分析,结果表明,1978—2010年无锡乡村生态环境对经济社会转型表现为负向响应特征,响应强度曲线呈现先增强后减弱的“倒抛物线”变化趋势,说明经济社会发展水平越高,两者之间的胁迫影响和反馈约束作用越强;在经济社会转型不同阶段,经济社会转型与乡村生态环境之间的胁迫影响和反馈约束作用因素不断变化,经济非农化一直是影响乡村生态环境变化的首要因素,1990年代中期以来的社会城市化和2002年以来的经济外向化对乡村生态环境的影响不断加大,未来乡村生态环境演变还将面临社会城市化和经济外向化的更大影响,并且生态用地压力和环境质量下降已成为经济社会进一步转型发展的制约因素。

参考文献:

[1] 陈玉福,刘彦随,龙花楼,等.苏南地区农村发展进程及其动力机制:以苏州市为例[J].地理科学进展,2010,29(1):123-128.

[2] 苗长虹.乡村工业化对中国乡村城市转型的影响[J].地理科学,1998,18(5):409-417.

[3] 刘彦随.中国东部沿海地区乡村转型发展与新农村建设[J].地理学报,2007,62(6):563-570.

[4] SALMAN M A. Inter-States Water Disputes in India: An Analysis of the Settlement Process[J]. Water Policy, 2002, 4(3): 223-237.

[5] 马婷婷,王军,刘耀龙,等.上海市宝山区城镇化对农业用地环境质量的影响[J].生态与农村环境学报,2010,26(5):413-418.

[6] 马力,夏立忠,李运东,等.基于移民调查的三峡库首地区人口、耕地资源及生态环境状况分析[J].生态与农村环境学报,2010,26(5):419-425.

[7] WEBER C, PUISSAN A. Urbanization Pressure and Modeling of Urban Growth; Example of the Tunis Metropolitan Area[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 86(3): 341-352.

[8] 张杨,刘艳芳,顾渐萍,等.武汉市土地利用覆被变化与生态环境效应研究[J].地理科学,2011,31(10):1280-1285.

[9] BRAAT L C, VAN LIEROP W F J. Economic Ecology Modeling [M]. New York, USA: Elsevier Science Publishing, 1987: 31-49.

[10] 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):211-220.

[11] 王淑强,董锁成,王新,等.定西市经济与生态环境互动机理研究[J].资源科学,2005,27(4):106-111.

[12] 刘庄,郑刚,张永春,等.社会经济活动对太湖流域的生态影响分析[J].生态与农村环境学报,2009,25(1):27-31.

[13] 刘艳军,李诚固.东北地区产业结构演变的城市化响应机理与调控[J].地理学报,2009,64(2):153-166.

[14] 贺灿飞,王俊松.经济转型与中国省区能源强度研究[J].地理科学,2009,29(4):461-469.

[15] 路永忠,陈波羽.中国城市化快速发展的机制研究[J].经济地理,2005,25(4):506-514.

[16] 贺灿飞,潘峰华.中国城市产业增长研究:基于动态外部性与经济转型视角[J].地理研究,2009,28(3):726-737.

[17] 李斌.广东山区经济转型及其模式重构研究[J].经济地理,2005,25(6):792-795.

[18] 杨保华,杨清华,陈剑虹.关于《生态环境状况评价技术规范(试行)》中土地退化指数的权重及计算方法的探讨[J].生态与农村环境学报,2011,27(3):103-107.

[19] 高鸿业.西方经济学[M].北京:中国人民大学出版社,2000:37-56.

[20] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社,1987:34-41.

[21] 傅立.灰色系统理论及其应用[M].北京:科学技术文献出版社,1992:186-263.

[22] 罗上华.城市环境保护规划与生态建设指标体系实证[J].生态学报,2003,23(1):45-55.

作者简介:周蕾(1989—),女,河北衡水人,博士生,主要研究方向为城乡发展与区域规划。E-mail:zhoulei304@126.com