

县域环境与经济耦合协调趋势演化 ——以江苏常熟为例

荣 洁

(常熟高新技术产业开发区管理委员会,江苏 常熟 215500)

摘 要:建立常熟环境和经济协调发展评价指标体系,用熵值法计算各项指标权重,构建耦合协调模型和灰色 GM(1,1) 模型,分别对 2011—2020 年及 2021—2025 年常熟市环境与经济耦合协调趋势演化进行研究。研究表明:环境综合指数小范围波动,经济综合指数总体呈上升趋势;发展模式由经济滞后型逐渐演变为环境滞后型;耦合协调度总体上呈不断上升的变化趋势,耦合协调类型由中水平耦合协调发展为较高水平耦合协调;预计“十四五”期间仍将处于较高水平耦合协调。

关键词:环境;经济;熵值法;耦合协调;灰色预测;常熟

DOI: 10.13358/j.issn.2096-9309.2022.0516.02

中图分类号: X22

文献标识码: A

文章编号: 2096-9309(2022)05-0048-05

引用格式: 荣洁. 县域环境与经济耦合协调趋势演化——以江苏常熟为例[J]. 河北环境工程学院学报, 2022, 32(5): 48-52.

我国经济由高速增长阶段转向高质量发展阶段。绿色发展是经济高质量发展的重要生态环境基础。保护好环境,谋求绿色发展,是经济高质量发展的内在要求和主要标志。可以说环境保护和经济高质量发展是辩证统一的。如何正确处理好“绿水青山”与“金山银山”关系,找到二者之间的平衡点是当前亟待解决的问题。因此开展环境与经济协调发展研究显得十分必要,通过相关研究能够揭示两者的协调发展关系。

目前国内外学者对经济或生态环境子系统的研究比较多,有研究经济子系统中某一具体因素如城市化^[1]、产业发展^[2]等与生态环境的关系,也有研究生态环境子系统中某一具体因素如水环境^[3]、大气环境^[4]等与区域经济发展的关系。研究层面多为省级^[5]、经济带^[6],或者经济热点^[7]地区,县域层面研究较少。对现状研究^[8]的较多,对发展趋势的预测较少。

常熟综合实力稳居全国百强县(市)第一方

阵。经济运行稳中有进,地区生产总值预计迈上 2 700 亿元台阶、年均增长 6.6%,增速高于苏州平均增长速度。“十三五”期间,污染防治成效显著,生态环境显著改善。获评全球首批国际湿地城市、国家生态园林城市、全国农村生活垃圾分类和资源化利用示范县。经济的高质量发展要求生态环境状况与之协调发展。但目前常熟生态环境和经济二者关系的研究尚有缺失。基于此,本研究构建耦合协调模型和灰色 GM(1,1) 模型,对 2011—2020 年常熟市环境与经济耦合协调关系进行评价,以期动态把握常熟环境与经济协调发展程度及制定政策提供参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本研究数据主要来源于 2012—2021 年《苏州统计年鉴》《常熟统计年鉴》。

1.2 评价指标构建

指标体系构建的科学性与合理性对耦合协调

收稿日期: 2022-05-16

作者简介: 荣洁(1989-),女,江苏常熟人,毕业于南京大学环境科学专业,硕士,工程师,主要从事环境管理方面的研究工作。

度的评价起着至关重要的作用,直接影响到评价结果的有效性。在遵循科学性、层次性、动态性、系统性和指标代表性等原则的基础上,阅读了大量文献后,结合常熟经济高质量发展内涵,综合参考已有研究^[9-15],选取 17 个指标构建环境和经济协调发展评价指标体系。环境系统综合考虑环境污染、环境治理、环境建设因素,经济系统综合考虑经济规模总量、经济结构特征、居民收入消费。指标涵盖了环境污染与治理、环境宜居、产业结构、宏观经济、居民经济等因素,包含正向指标、负向指标(带*),这些指标充分体现了常熟环境与经济发展的各方面。以 2011—2020 年 17 个指标的统计数据为样本,利用 Excel 经过熵值法计算得到各指标的权重(见表 1)。

表 1 常熟市环境与经济耦合协调发展指标体系

目标层	一级指标层	二级指标层	权重
环境	环境污染	工业废水排放量/万 t*	0.059 2
		工业废气排放量/亿 m ³ *	0.059 3
		工业固体废弃物产生量/万 t*	0.058 1
		工业固体废物综合利用率/%	0.059 3
	环境治理	城市污水处理率/%	0.059 5
		生活垃圾无害化处理量/万 t	0.058 4
		人均公园绿地面积/m ²	0.058 5
	环境建设	建成区绿化覆盖率/%	0.058 3
		人均城市道路面积/m ²	0.058 9
		地区生产总值/亿元	0.059 2
经济	经济规模总量	一般公共预算收入/亿元	0.059 5
		固定资产投资总额/万元	0.058 3
		第一产业占 GDP 比重/%	0.059 2
	经济结构特征	第二产业占 GDP 比重/%	0.058 2
		第三产业占 GDP 比重/%	0.058 1
	居民收入消费	人均可支配收入/元	0.058 9
		人均消费支出/元	0.059 0

注:资料来源于《苏州统计年鉴》(2012—2021 年)、《常熟统计年鉴》(2012—2021 年),*表示负向指标。

1.3 研究方法

1.3.1 熵值法确定权重

步骤 1:数据标准化。

$$\text{对于正向指标 } b_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)} \quad (1)$$

$$\text{对于逆向指标 } b_{ij} = \frac{\max(x_i) - x_{ij}}{\max(x_i) - \min(x_i)} \quad (2)$$

式中: b_{ij} ——标准化后的数据; x_{ij} ——原始数据; $\max(x_i)$ ——第 i 个指标的最大值; $\min(x_i)$ ——第 i 个指标的最小值。

步骤 2:修正数据并计算各指标所占比重。

$$p_{ij} = \frac{1+b_{ij}}{\sum_{j=1}^m (1+b_{ij})} \quad (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m) \quad (3)$$

式中: p_{ij} ——第 i 项指标下第 j 个样本值占所有样本值,表示第 j 个属性下第 i 个方案的贡献度。

步骤 3:评价指标权重的确定。

$$e_j = \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \times \ln(p_{ij}) \quad (4)$$

$$w_j = \frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^n e_j} \quad (5)$$

$$f(x) = \sum w_x \times x'_{ij}, f(y) = \sum w_y \times y'_{ij} \quad (6)$$

式中: e_j ——第 j 项指标的熵值; w_j ——第 j 项指标的权重; m ——指标的个数; w_x —— x 的权重; w_y —— y 的权重; x'_{ij} 和 y'_{ij} 为环境相关指标和经济相关指标原始数据标准化后的数据,同 b_{ij} ; $f(x)$ ——经济综合指数; $f(y)$ ——环境综合指数。

1.3.2 耦合协调度模型建立

$$C = \left\{ \frac{f(x) \times f(y)}{\left[\frac{f(x) + f(y)}{2} \right]^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$T = \alpha f(x) + \beta f(y) \quad (8)$$

$$D = \sqrt{CT} \quad (9)$$

式中: C ——环境与经济的耦合度; T ——子系统间的综合协调系数; α 与 β 表示待定系数,本研究中环境保护与经济发展的重要程度相同,因此取 $\alpha = \beta = 0.5$; D ——耦合协调度,根据耦合强度的划分标准,将其划分为 6 个等级:当 $D = 0$ 时为无序发展阶段,当 $0 < D \leq 0.3$ 时为低水平耦合协调;当 $0.3 < D \leq 0.5$ 时为中水平耦合协调,当 $0.5 < D \leq 0.8$ 时为较高水平耦合协调阶段;当 $0.8 < D < 1$ 时为高水平耦合协调阶段,当 $D = 1$ 时耦合协调水平达到极值^[16]。

1.3.3 灰色预测模型

(1) 对原始数列作一次累加生成一次累加序列

原始序列记为: $X^{(0)}(0), X^{(0)}(1), \dots, X^{(0)}(t), \dots, X^{(0)}(n)$;一次累加序列记为: $X^{(1)}(0), X^{(1)}(1), \dots, X^{(1)}(t), \dots, X^{(1)}(n)$ 。

$$\begin{cases} x^{(1)}(0) = x^{(0)}(0) \\ x^{(1)}(t) = \sum_{j=0}^t x^{(0)}(j) \end{cases} \quad (10)$$

(2) 生成紧邻平均序列

$$Z^{(1)}(t+1) = \frac{1}{2} [x^{(1)}(t) + x^{(1)}(t+1)] \quad (11)$$

(3) 用最小二乘法求解参数

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^T B)^{-1} (B^T Y_n) \quad (12)$$

$$\text{其中 } B = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(1) & 1 \\ -z^{(1)}(1) & 1 \\ \dots & \dots \\ -z^{(1)}(1) & 1 \end{bmatrix} Y_n = \begin{bmatrix} x^{(0)}(1) \\ X^{(0)}(2) \\ \dots \\ X^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

(4) 建立模型

$$\hat{X}^{(1)}(t+1) = [X^{(0)}(1) - \frac{u}{a}]e^{-at} + \frac{u}{a} \quad (t=0, 1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

(5) 累减还原求出 $x^{(0)}(t)$ 的模拟值

$$\begin{cases} \hat{X}^{(0)}(t) = \hat{X}^{(1)}(t) - \hat{X}^{(1)}(t-1) \\ \hat{X}^{(0)}(0) = \hat{X}^{(1)}(0) \quad (t=0, 1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (14)$$

(6) 预测

$$\hat{X}^{(0)}(n+k) = \hat{X}^{(1)}(n+k) - \hat{X}^{(1)}(n+k-1) \quad (15)$$

(7) 模型检验

灰色预测模型检验一般有残差检验、关联度检验和后验方差检验^[17]。本研究采用后验方差检验,通过均方差比值 C 和小误差概率 P 共同评定(表 2),检验计算过程参考文献^[18]。

表 2 灰色预测精度检验等级标准

精度等级	优	良好	合格	不合格
均方差比值 C_0	$C \leq 0.35$	$0.35 < C \leq 0.5$	$0.5 < C \leq 0.65$	$C > 0.65$
小误差概率 P_0	$P \geq 0.95$	$0.8 \leq C < 0.95$	$0.7 \leq C < 0.8$	$P < 0.7$
相对误差 Q_0	$Q \leq 0.01$	$0.01 < C \leq 0.05$	$0.05 < C \leq 0.1$	$C > 0.1$

2 结果与分析

根据环境和经济发展的各个指标,计算出常熟 2011—2020 年期间环境和经济综合指数,得出环境与经济的耦合协调度,绘制成变化趋势图(图 1),对照判别标准得出综合评价结果,根据灰色预测法预测了“十四五”期间的值。

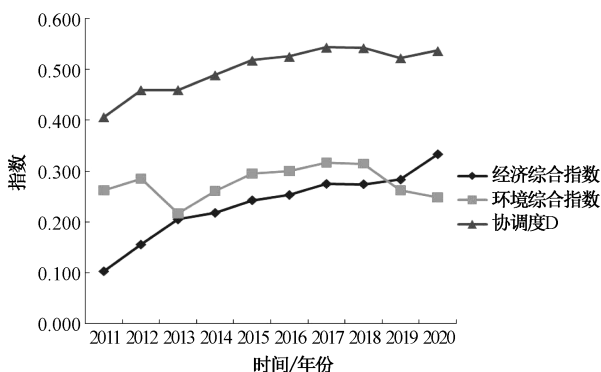


图 1 环境系统与经济系统综合指数及协调度变化趋势

对 2011—2020 年的耦合协调度建立灰色 GM(1,1) 模型,求得原始序列为: {0.406, 0.459, 0.459, 0.488, 0.517, 0.525, 0.543, 0.542, 0.522,

0.536}。根据以上建模过程,求得灰色模型为 $\hat{X}^{(1)}(t+1) = 23.239e^{0.02t} - 22.83$ ($t=0, 1, 2, \dots, n$)。均方差比值为 0.36,小误差概率为 1,相对误差为 3%,精度达到良好及以上,模型通过后验方差检验,模拟效果较好。将年份带入方程,求得 2021—2025 年预测值(表 3)。

表 3 2021—2025 年协调度预测值

年份	2021	2022	2023	2024	2025
预测值	0.563	0.575	0.586	0.598	0.610

注:2022 年统计年鉴尚未出版,暂无 2021 年基础数据,故 2020 年为基础数据末期,2021 年为预测首期。

2.1 常熟环境与经济指数分析

环境综合指数小范围波动,经济综合指数总体呈上升趋势。在 2018 年之前,环境综合指数高于经济综合指数,为经济滞后型发展模式;2019—2020 年,经济综合指数开始逐渐高于环境综合指数,为环境滞后型模式。说明在 2018 年之前,常熟的“青山”充分发挥生态效益,带动了“金山”的发展,使经济水平得到快速发展;到 2018 年初,经济的发展使环境压力急剧增大导致环境发展较经济的发展来看相对滞后。说明经济的高速发展要向高质量发展转变,在创造经济价值的同时更应该要注重环境的保护,尽量减少对环境的冲击,使“青山”能持续发挥自身的生态效益带来“金山银山”。

2.2 常熟经济发展与环境耦合协调水平分析

耦合度指数均在 0.9 以上,属于高水平耦合作用阶段;协调度在 0.406~0.543 之间变化,总体呈上升趋势,2011—2014 年属于中水平耦合协调,2015 年开始为较高水平耦合协调。总的来说,常熟市环境与经济系统的耦合协调类型是由中水平的经济滞后型发展为较高水平的环境滞后型。这和常熟市坚持建设与管理并重、经济发展与环境保护同步,增强经济实力、改善生态环境、增进民生福祉,绘就“六美(美城、美德、美景、美图、美业、美游)集大美(美丽常熟)”精彩画卷的努力是分不开的。但就 2019—2020 年而言,发展环境的力度短暂性滞后于经济,这也是在“十四五”期间需要改善的。

2.3 趋势预测

“十四五”期间协调度逐年提高,都属于较高水平耦合协调,说明常熟环境与经济系统发展和和谐,“绿水青山”和“金山银山”相得益彰。分析其原因:2021—2025 年,常熟将围绕建设更高品质

的“江南福地”发力。聚焦提档升级,着力增强经济“硬实力”。坚持以经济建设为中心,以开放、创新为路径,以转型、投入为抓手,加速产业结构优化,确保经济实现质的稳步提升和量的合理增长。同时,聚焦提质扩容,着力增强城市“颜值力”。更加注重“绿色发展”,完善产业体系,优化经济发展模式。精准实施能耗控制,坚决遏制“两高”项目盲目发展,向碳达峰、碳中和迈出坚实步伐,实现主要污染物排放总量持续减少、能源资源配置更加合理、利用效率不断提高、减污降碳协同增效,努力让常熟的水更清、地更绿、空气更清新。在对经济 and 环境的共同发力下,耦合协调度日益提升。

3 结果与讨论

本研究选取 17 个指标构建环境和经济协调发展评价指标体系,用熵值法对各项指标进行权重计算,并计算出经济综合指数、环境综合指数;通过构建耦合协调模型,研究了常熟环境与经济的耦合协调度,最后通过灰色 GM(1,1)模型预测了“十四五”期间协调度的发展,得到以下主要结论:

(1) 2011—2020 年间环境综合指数在 0.217~0.316 之间波动,2013 年为最低点;经济综合指数从 0.104 逐年上升到 0.333;由 2011—2018 年的经济滞后型逐渐发展为 2019—2020 年的环境滞后型。

(2) 2011—2020 年,常熟市环境和经济系的耦合协调度从 0.406 逐年上升到 0.536,总体上呈不断上升趋势;耦合协调类型由中水平耦合协调发展为较高水平耦合协调。究其原因:常熟重视产业结构转型升级,在发展经济的同时,重视生态环境的保护,大力发展绿色低碳经济,使经济 and 环境的协调度越来越高,不断实现可持续发展。

(3) 灰色预测法预测“十四五”期间的协调度均在 0.5 以上,将处于较高水平耦合协调,这也得益于常熟在未来几年内围绕建设更高品质的“江南福地”所做的努力。

(4) 常熟经济发展与环境之间的矛盾存在,矛盾源于经济发展水平的提高和环境发展状况的下降。在今后发展中要紧扣“六美集大美”总目标,自觉践行新发展理念,把环境放在重要地位,开创常熟经济社会高质量发展新局面,打造更高

品质的“江南福地”。

参考文献

- [1] 贺清云,李慧平,欧阳晓.长江中游城市群城市化与生态环境耦合协调分析及模拟预测[J].生态科学,2020,39(2):182-190.
- [2] 任保平,杜宇翔.黄河流域经济增长—产业发展—生态环境的耦合协同关系[J].中国人口·资源与环境,2021,31(2):119-129.
- [3] 王婷,王保乾,曹婷婷.北京市经济与水环境系统耦合关系及效果研究[J].中国农村水利水电,2017(2):77-81+85.
- [4] 喻海东,卢亮.2004—2013 年中国经济与空气质量的耦合关系及其发展趋势[J].中国人口·资源与环境,2015,25(S2):55-57.
- [5] 唐晓灵,冯艳蓉,杜莉.陕西省经济发展与生态环境耦合协调发展研究[J].环境污染与防治,2021,43(4):516-520+526.
- [6] 周庆婷.淮河经济带经济发展与生态环境耦合协调分析[J].中国环境管理干部学院学报,2019,29(4):53-56.
- [7] 谷国锋,王雪辉.东北地区经济发展与生态环境耦合关系时空分析[J].东北师大学报(哲学社会科学版),2018(4):154-160.
- [8] 吉婷婷,倪立奇.苏州城市化与水资源环境耦合关系时序特征研究[J].人民长江,2018,49(21):49-55.
- [9] 王姗姗,王莹,魏遥,等.经济与生态环境耦合协调发展水平研究——以安徽省为例[J].廊坊师范学院学报(自然科学版),2021,21(1):56-61.
- [10] 谷国锋,王雪辉.东北地区经济发展与生态环境耦合关系时空分析[J].东北师大学报(哲学社会科学版),2018(4):154-160.
- [11] 李静,马亚亚,王杰,等.固原市原州区生态环境与经济系统的耦合协调发展[J].水土保持通报,2020,40(1):229-235+282.
- [12] 布美热木·克力木,张凯,朱平,等.熵权法在城市经济与环境耦合协调发展评价中的应用[J].环境科学导刊,2019,38(5):79-84.
- [13] 焦念涛,郑向敏,殷杰.黄河流域旅游经济与生态环境耦合协调度评价及影响因素[J].资源开发与市场,2020,36(6):591-598.
- [14] 吴艳霞,陈步宇,张磊.黄河流域社会经济与生态环境耦合协调态势及动力因素[J].水土保持通报,2021,41(2):240-249.
- [15] 樊荣,孙希华.区域经济与资源环境耦合协调度研究——以山东半岛蓝色经济区为例[J].中国环境管理干部学院学报,2018,28(6):63-66+87.
- [16] 丁晓健,杜鹏.辽宁省经济与生态环境耦合协调性分析[J].生产力研究,2020(5):85-88+161.
- [17] 袁旦,刘献,张小丽.基于改进灰色模型 GM(1,1)的生活用水量预测研究[J].陕西水利,2020(7):1-3+16.
- [18] 马景,武周虎,邹艳均,等.基于灰色马尔科夫模型的南四湖水水质预测[J].水资源保护,2021,37(5):153-158.

Coupling Coordination Trend Evolution of County Environment and Economy—Take Jiangsu Changshu as an Example

Rong Jie

(Administrative Committee of Changshu New & High-tech Industrial Development Zone,
Changshu Jiangsu 215500, China)

Abstract: The evaluation index system for the coordinated development of Changshu's environment and economy was constructed. Calculate the weight of each index using the entropy method. The coupling coordination model and the grey GM (1, 1) model were constructed to study the evolution of the coupling coordination trend of environment and economy in Changshu City from 2011 to 2020 and 2021 to 2025. The study finds that the environment index fluctuated in small scale and the economic development index shows an overall upward trend. The development model gradually evolves from an economic lag type to an environment lag type. The coupling coordination degree generally shows a rising trend, and the type of coupling coordination has developed from medium-level coupling coordination to higher-level coupling coordination. It is expected that the coupling coordination will remain at a higher level during the "14th Five-Year Plan" period.

Key words: environment, economy, entropy method, coupling coordination, grey prediction, Changshu

(编辑:程 俊)

(上转第 3 页)

[20] 施雅风,崔之久,李吉钧,等. 中国东部第四纪冰川与环境问

-309.

题[M]. 北京:科学出版社,1989:271-374.

[22] 周廷儒. 中国自然地理——古地理(上册)[M]. 北京:科学出

[21] 周廷儒. 古地理学[M]. 北京:北京师范大学出版社,1982:106

版社,1985:1-60.

时值北京师范大学建立 120 周年之际,谨以此文献给母校,怀念感谢周廷儒先生的培育之恩。感谢北京师范大学邱维理教授提供的帮助。

Zhou Tingru's Research and Academic Contributions for the Cenozoic Environment and Climate Evolution

Kong Fande

(Hebei University of Environmental Engineering, Qinhuangdao Hebei 066102, China)

Abstract: In the 1960s, Zhou Tingru turned his research direction to the study of Cenozoic paleogeography, namely, the study of natural environment and climate evolution. He explored the process of natural environment and climate evolution in China over the past 65 million years, laid a solid foundation for the study of China's natural environment and climate evolution, and provided background and reference research methods for exploring the natural environment and climate evolution under the obvious increase of human factors in the future, opening up new research directions for the field of geoscience in China and making important academic contributions. In addition, it also cultivated talents for environmental and climatic evolution, and promoted the creation and development of related disciplines.

Key words: Zhou Tingru, four-dimensional space, paleogeography, environmental evolution, climate change

(编辑:王彦伟)