

# 基于耦合协调度模型的东西部地区发展比较研究

## ——基于新疆与河北、江苏的分析

王 芳

中共天津市委党校, 天津

收稿日期: 2021年10月17日; 录用日期: 2021年11月19日; 发布日期: 2021年11月26日

### 摘 要

耦合协调度模型能够较好的对事物的协调发展情况进行评价, 在解决我国发展不平衡问题中可以对不同区域的协调发展进行清晰分析, 为实现高质量发展提供理论支撑。文章选取江苏、河北、新疆三省作为我国东西部省份的代表地区, 基于耦合度与耦合协调度模型对三省2004年至2017年的生态系统与经济系统协同发展进行实证分析。结果显示三省均已进入生态系统与经济系统的高水平耦合阶段, 生态系统与经济系统高度相关, 但东西部的耦合协调度显著不同: 新疆与江苏均处于生态滞后型的转型发展中, 河北则处于经济滞后型的转型发展。

### 关键词

新疆, 河北, 江苏, 耦合协调度, 区域发展

# Comparative Study on the Development of Eastern-Western Regions Based on Coupling Coordinated Model

## —Analysis Based on Xinjiang, Hebei and Jiangsu

Fang Wang

The Party School of Tianjin Municipal Committee of the Communist Party of China, Tianjin

Received: Oct. 17<sup>th</sup>, 2021; accepted: Nov. 19<sup>th</sup>, 2021; published: Nov. 26<sup>th</sup>, 2021

文章引用: 王芳. 基于耦合协调度模型的的东西部地区发展比较研究[J]. 世界生态学, 2021, 10(4): 666-674.  
DOI: 10.12677/ije.2021.104075

## Abstract

The coupling coordination degree model could well evaluate cooperative development of different systems, it can clear analysis of the coordinated development of different regions in solving the problem of unbalanced development in China, and provide theoretical support for achieving high-quality development. In view of this, the paper selects three provinces as representatives of eastern, central and western regions. Through experience analysis cooperative development of Xinjiang, Hebei and Jiangsu's ecological and economic system based on coupling coordination degree model from 2004 to 2017. The result shows that high correlation between their ecological system and economic system of three provinces, but their coupling coordination degree is different. Xinjiang and Jiangsu are ecology-backward of second-level and Hebei is economic-backward of second-level coupling coordination degree.

## Keywords

Xinjiang, Hebei, Jiangsu, Coupling Coordination Degree Model, Regional Development

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》提出，“十四五”期间要努力实现经济发展取得新成效、生态文明建设实现新进步，强调要深入实施区域协调发展战略，充分解决地区发展不平衡问题。中国幅员辽阔、区域间发展不平衡问题较为突出，特别是东西部地区发展差距明显，在建设社会主义现代化国家的新征程中，推进区域均衡发展是实现东西部地区协调发展的重要保障。

耦合是物理概念，原指两个或两个以上系统通过相互作用而彼此影响的现象，耦合度被用来描述系统或要素之间彼此作用影响的程度，但它并不能反映其相互间的协调发展水平。耦合协调度则是衡量系统耦合协同情况的指标，多用于分析事物的协调发展水平，当耦合协调度达到最优时表明系统达到最佳状态。以耦合协调度模型对区域协调发展情况进行分析，可以客观的掌握各地的发展现状，为今后实现均衡发展提供理论支撑。

以耦合协调度模型对生态系统与经济系统的协同发展情况进行的经验研究显示，我国各地区城市化与生态环境之间的耦合协调度整体呈现不断提升的态势，但空间差异性较大(吴玉鸣等[1], 2008; 谢炳庚等[2], 2016; 马双等[3], 2019); 整体来看，东部发达地区的协调发展程度较高而生态环境略为滞后，中西部城市的耦合协调度较低而经济略为滞后(潘明明等[4], 2014; 刘德光等[5], 2016); 大部分地区的经济发展综合指标好于生态环境综合指标(邓淇中等[6], 2018); 而贫困与生态环境的恶化往往同时存在、相互阻碍，陷入恶性循环中(曹诗颂等[7], 2016)。

## 2. 耦合协调度模型介绍

为合理评价两大城市群生态系统与经济系统的发展情况，本文分别选取经济规模、经济结构、经济驱动力等指标衡量经济情况，选取环境压力、环境污染、环境投入等指标衡量生态情况。

由于各指标的计量单位不同, 在比较分析中需要进行标准化处理, 使之成为取值在 0~1 之间的值, 以方便后文的实证分析——对所有正向指标, 将各年份观测值减去研究周期中该变量的最小值并除以最大、最小值的差(刘巧婧等[8], 2018; 王芳[9], 2021); 对所有负向指标, 则将研究周期中某变量的最大值减去各年份观测值并除以最大、最小值的差。同时, 为避免人为主观赋予各指标权重所造成的实证结果偏差, 本文参考 He 等[10] (2017)的做法, 使用熵值法确定各指标的权重:

$$w_{ij} = \frac{r_{ij}^+}{\sum_{i=1}^m r_{ij}^+} \text{ 或 } w_{ij} = \frac{r_{ij}^-}{\sum_{i=1}^m r_{ij}^-} \quad (1)$$

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m w_{ij} \ln w_{ij}, \quad k = (\ln m)^{-1} \quad (2)$$

$$\varphi_j = 1 - e_j \quad (3)$$

$$w_j = \frac{\varphi_j}{\sum_{j=1}^n \varphi_j} \quad (4)$$

第  $i$  年份中  $j$  指标的权重  $w_{ij}$  按公式(3)计算, 第  $j$  指标的熵值  $e_j$  按公式(4)计算, 第  $j$  指标的差异系数  $\varphi_j$  按公式(5)计算, 第  $j$  指标的权重  $w_j$  按公式(6)计算。其中  $m$  为研究周期的年数,  $n$  为指标个数。确定各指标的权重后, 我们可以得到生态系统与经济系统的函数及二者间的耦合度函数:

$$f(G) = \sum w_j^g r_{ij}^g \quad (5)$$

$$f(E) = \sum w_j^e r_{ij}^e \quad (6)$$

$$C = \frac{\sqrt{f(G) \times f(E)}}{\sqrt{[\alpha f(G) + \beta f(E)]^2}} \quad (7)$$

其中  $f(G)$  为经济系统综合发展水平,  $f(E)$  为生态系统综合发展水平,  $w_j^g$  与  $w_j^e$  分别为经济系统与生态系统各指标的权重,  $r_{ij}^g$  与  $r_{ij}^e$  则为经济系统与生态系统第  $i$  年份的各指标的标准化取值,  $C$  为耦合度,  $\alpha$  与  $\beta$  分别为生态系统与经济系统的贡献份额, 在本文中二者重要程度相同, 因此系数均取值为 0.5。

$C \in [0, 1]$ , 当  $C = 0$  时, 耦合度极小, 生态系统与经济系统处于无关状态, 二者将向无序发展; 当  $0 < C \leq 0.3$  时, 生态 - 经济系统处于低水平耦合阶段, 此时经济发展水平不高, 对生态环境的破坏程度不大, 生态承载力足以满足经济发展的需要; 当  $0.3 < C \leq 0.5$  时, 经济处于快速发展时期, 大量资源投入经济领域, 同时造成生态环境恶化, 生态承载力下降, 生态系统与经济系统之间的矛盾显现, 二者处于颤颤阶段; 当  $0.5 < C \leq 0.8$  时, 由于生态环境对经济社会发展的制约作用, 迫使投入更多资源进行生态环境的治理与修复, 生态环境质量逐渐得到改善, 生态承载力逐渐恢复, 二者处于磨合阶段; 当  $0.8 < C \leq 0.9$  时, 生态 - 经济系统进入良性耦合阶段, 经济发展的质量进一步提升, 生态环境也得到了大幅度提高, 实现经济发展与环境保护协同推进; 当  $0.9 < C < 1$  时, 生态 - 经济系统开始进入高水平耦合阶段, 经济发展与环境保护相互促进、相辅相成; 当  $C = 1$  时, 耦合度最大, 生态系统与经济系统之间达到良性共振耦合, 二者将趋向新的有序结构。

耦合度可以清晰描述生态系统与经济系统之间相互作用的程度, 但无法体现二者之间的协同发展水平, 同为良性耦合阶段, 但可能是高水平的协同也可能是低水平的协同。为更加清晰的描述京津冀地区生态 - 经济系统的协同发展情况、判别不同时期二者之间的耦合协调程度, 还需建立耦合协调度模型如下:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (8)$$

$$T = \alpha f(G) + \beta f(E) \quad (9)$$

上式中  $T$  为二者间的综合协调指数,  $D$  即为生态系统与经济系统的耦合协调度。根据  $D$  的取值, 结合生

态系统与经济系统的评分差距，本文将二者间的耦合协调类型划分如下表 1。

**Table 1.** Classification of coupling and coordination types of ecosystems and economic systems

**表 1.** 生态系统与经济系统耦合协调类型划分

耦合协调类型	划分标准	子类型	划分标准
协调发展	$0.8 < D \leq 1.0$	协调发展	$-0.1 \leq f(G) - f(E) \leq 0.1$
		协调发展 - 经济滞后	$f(E) - f(G) > 0.1$
		协调发展 - 生态滞后	$f(G) - f(E) > 0.1$
转型发展	$0.6 < D \leq 0.8$	转型发展	$-0.1 \leq f(G) - f(E) \leq 0.1$
		转型发展 - 经济滞后	$f(E) - f(G) > 0.1$
		转型发展 - 生态滞后	$f(G) - f(E) > 0.1$
磨合发展	$0.4 < D \leq 0.6$	磨合发展	$-0.1 \leq f(G) - f(E) \leq 0.1$
		磨合发展 - 经济滞后	$f(E) - f(G) > 0.1$
		磨合发展 - 生态滞后	$f(G) - f(E) > 0.1$
不协调发展	$0 \leq D \leq 0.4$	不协调发展	$-0.1 \leq f(G) - f(E) \leq 0.1$
		不协调发展 - 经济滞后	$f(E) - f(G) > 0.1$
		不协调发展 - 生态滞后	$f(G) - f(E) > 0.1$

### 3. 东西部地区数据描述

选取西部省份新疆与东部省份河北、江苏等地经济系统与生态系统各 9 个指标，分别表征东西部地区的经济规模、经济结构、经济驱动力以及环境压力、环境污染、环境投入。各变量数据除社会劳动生产率与环境治理投资总额分别来自各地历年统计年鉴与中国环境统计年鉴外，其余数据均来自国家统计局官网。人均量由各变量除以各地当年常住人口数得到，社会劳动生产率均为地区生产总值除以同年社会从业人员得到。

各变量指标均按照上文介绍的标准化方法及权重公式，计算得到各指标的标准值及权重，如下表 2 所示。

**Table 2.** System indicators and their weights

**表 2.** 各系统指标及其权重

经济系统			环境系统		
指标名称	指标权重	指标名称	指标权重		
经济规模	人均 GDP	0.1140	环境压力	人均用水量	0.1015
	GDP 增速	0.1312		人均用电量	0.1255
	人均财政收入	0.1098		人均用煤量	0.1268
经济结构	二产占比	0.1259	环境污染	城市人口密度	0.1212
	三产占比	0.1156		人均废水排放量	0.1103

Continued

经济驱动力	居民消费水平	0.1029	环境污染	人均二氧化硫排放量	0.1194
	人均固定资产投资	0.1152		人均生活垃圾清运量	0.1251
	人均进出口总额	0.0659	环境投入	人均污染治理投资	0.0972
	社会劳动生产率	0.1196		人均公园绿地面积	0.0729

图 1 显示了 2004 年至 2017 年间，新疆、河北与江苏三省生态系统与经济系统的发展评价。

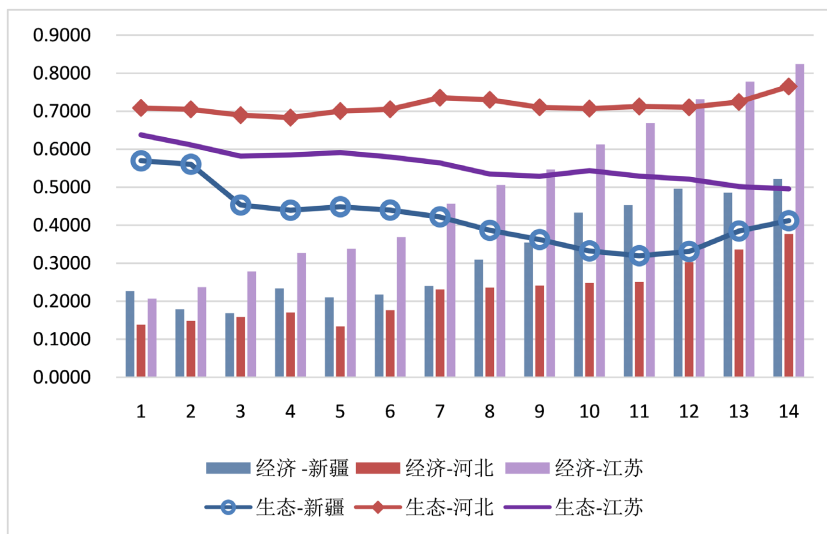


Figure 1. Evaluation of the development of ecosystems and economic systems in Xinjiang, Hebei, and Jiangsu  
图 1. 新疆、河北、江苏三省生态系统与经济系统发展评价

三省中，河北历年的经济评分均低于生态评分，但差距逐年缩小，2017 年较 2004 年缩小了 0.18；新疆与江苏分别自 2013 和 2012 年起，其经济评分由低于生态评分转为高于生态评分，且差距逐年扩大，2017 年较 2004 年分别提高了 0.45、0.76，说明新疆、江苏两省在经济方面投入显著高于生态方面。

从经济评分来看，江苏得分最高(0.8239)，新疆次之，河北最低。纵向而言，江苏的经济评分增长最为显著，2017 年较 2004 年提高了近 3 倍，而河北与新疆仅分别提高了 1.7、1.3 倍，说明江苏在发展经济方面力度最大，而新疆相对力度较小，但由于研究基期时新疆的经济评分明显高于河北，因此虽然新疆在经济方面的增幅小于河北、但研究末期时的经济评分(0.5218)依然显著高于河北(0.3771)。

从生态评分来看，河北得分最高(0.7652)，江苏次之(0.4957)，新疆最低(0.4122)。且河北在生态方面的改善最为明显，2017 年较 2004 年其生态评分提高了 8%，而新疆与江苏分别下降了 27.7%、22.3%。说明比较而言，河北在生态领域的投入显著高于新疆、江苏两省。

综合来看，江苏省在经济系统的发展明显快于新疆与河北两省，河北省在生态系统的投入显著高于新疆与江苏两省，但在生态-经济系统的协同发展方面则是新疆最为均衡，新疆的经济评分与生态评分差距最小。

#### 4. 东西部区域的耦合度评价

三省生态系统与经济系统的耦合度情况如表 3 所示。新疆与江苏两省仅在研究初期处于良性耦合阶段，2007/2006 年之后均处于高水平耦合阶段，两地的生态与经济强相关。从具体评分来看，除 2004 年的经济评分略低于新疆外，江苏历年的生态系统与经济系统评分均显著高于新疆，说明无论是经济发展

还是生态发展，江苏都明显好于新疆。纵向比较，江苏的经济发展始终处于上升区间，但生态发展则有所滞后，2009年起，除2013年有些许提高外，生态领域一直处于下降趋势，且江苏经济评分增长显著快于生态评分，说明江苏更加重视经济发展，但随着经济系统的快速发展，其生态系统却并未得到相应改善，表明江苏的发展尚未形成生态-经济共赢局面。

**Table 3.** Evaluation of eco-economic system coupling degree  
**表 3.** 生态-经济系统耦合度评价

年份	新疆		河北		江苏	
	耦合度	类型	耦合度	类型	耦合度	类型
2004	0.8927		0.7400		0.8598	
2005	0.8567	良性耦合阶段	0.7584		0.8972	良性耦合阶段
2006	0.8897		0.7794	磨合阶段	0.9358	
2007	0.9522		0.7989		0.9591	
2008	0.9322		0.7332		0.9621	
2009	0.9414		0.8002		0.9749	
2010	0.9616		0.8525		0.9945	
2011	0.9938		0.8593		0.9996	
2012	0.9999	高水平耦合阶段	0.8699	良性耦合阶段	0.9999	高水平耦合阶段
2013	0.9914		0.8774		0.9983	
2014	0.9851		0.8776		0.9932	
2015	0.9800		0.9157		0.9858	
2016	0.9933		0.9304	高水平耦合阶段	0.9765	
2017	0.9931		0.9405		0.9686	

新疆自2006年起已进入生态-经济系统的高水平耦合阶段，其变化主要体现在经济领域，2008年之前多有起伏，但自2009年起呈现明显提高趋势。生态方面，2014年前主要呈现下降趋势，虽降幅较小，但多年来的持续下降也说明了新疆在生态领域投入不足、重视不够。从两个系统的比较来看，新疆的经济评分自2013年以来始终高于生态评分，说明新疆在发展中更为重视经济领域、而对生态领域的关注相对较少。

河北在生态-经济系统的耦合中则与新疆、江苏两省明显不同，经历了由磨合阶段到良性耦合阶段再到高水平耦合阶段的发展变化，这主要得益于河北在经济领域的快速发展。横向比较来看，河北省的生态系统评分始终高于新疆、江苏两省；但河北的经济评分明显低于两省，且提高相对较慢，说明河北的经济发展明显落后于新疆与江苏。比较而言，河北的短板在于其落后的经济发展，无论在实现生态-经济系统的协同发展还是实现区域均衡发展方面，河北今后应在经济方面给予更多的努力。

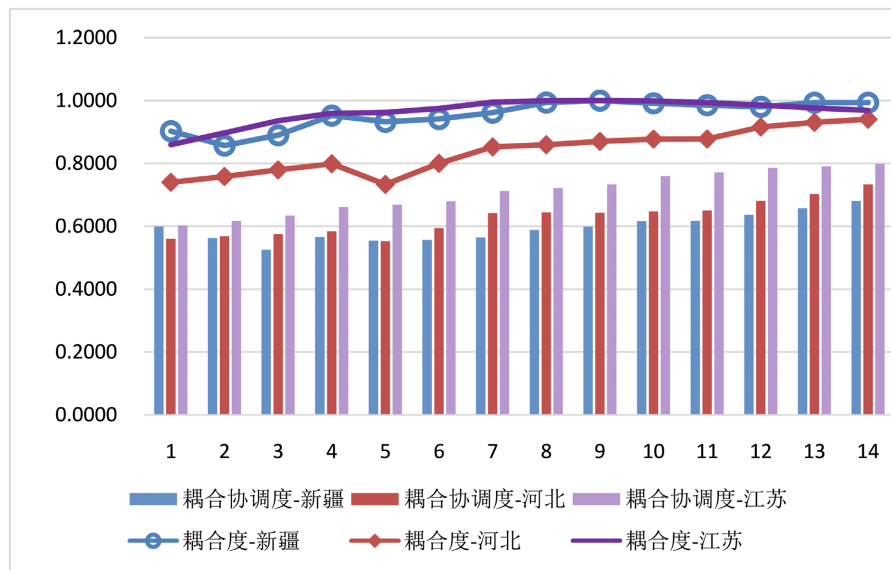
## 5. 东西部区域的耦合协调度评价

从表4及图2可知，新疆在2004~2012年期间处于磨合发展期，但2010年前一直呈现经济发展滞后现象，2013年之后已进入转型发展阶段，但自2014年起出现生态滞后状态，不过耦合协调度逐年提高，说明整体生态-经济系统协同发展趋势明显，是三省当中生态-经济系统发展较为均衡的地区；河北则一直处于经济发展滞后状态，2010年起由磨合发展阶段进入转型发展阶段，整体来看协调发展

逐步深化的趋势明显，且耦合协调度得分高于新疆，但由于经济落后尚未实现生态-经济系统的协同发展；而江苏的耦合协调度最高，经历了由经济滞后到生态滞后的发展变化，但生态与经济之间的差距逐年扩大，生态领域的发展滞后已经显著影响了江苏的生态-经济协同发展，导致该省未能进入协调发展阶段。

**Table 4.** Evaluation of the coupling coordination degree of the three provinces' ecological-economic system  
**表 4.** 三省生态-经济系统耦合协调度评价

年份	新疆		河北		江苏	
	耦合协调度	类型	耦合协调度	类型	耦合协调度	类型
2004	0.5997		0.5600		0.6026	
2005	0.5628		0.5690		0.6170	
2006	0.5262	磨合发展-经济滞后	0.5749	磨合发展-经济滞后	0.6344	转型发展-经济滞后
2007	0.5663		0.5839		0.6615	
2008	0.5542		0.5530		0.6688	
2009	0.5566		0.5940		0.6800	
2010	0.5643		0.6418		0.7124	
2011	0.5882	磨合发展	0.6444		0.7212	
2012	0.5987		0.6434	0.7333	转型发展	
2013	0.6161	转型发展	0.6476	转型发展-经济滞后	0.7597	
2014	0.6170		0.6502		0.7713	
2015	0.6365	转型发展-生态滞后	0.6812		0.7857	转型发展-生态滞后
2016	0.6575		0.7023	0.7904		
2017	0.6810		0.7329		0.7994	



**Figure 2.** Evaluation of the coupling degree and coupling coordination degree of the three provinces' ecological-economic system  
**图 2.** 三省生态-经济系统耦合度及耦合协调度评价

从三地的生态-经济系统评分来看,新疆的生态系统与经济系统处于较为均衡的发展中,二系统间的评分差距逐年缩小,说明新疆的发展较为均衡、健康。从各指标来看,新疆的环境压力明显加大:人均用水量显著高于河北、江苏两省(2017年新疆人均用水量分别是河北、江苏的7.7倍、3.1倍),且人均用电量与人均煤炭消费量快速增长(2017年新疆人均用电量及人均煤炭消费分别达1.03万千瓦时/人、8.21吨/人,是2004年的7.6倍和4.4倍);环境污染方面,人均废水排放量略有提高,而人均二氧化硫排放量与人均生活垃圾清运量均有所下降,抵消了由废水排放量增长导致的污染加剧;环境投入方面,新疆的人均公园绿地面积仅是河北的五分之一、江苏的三分之二,但其人均环境污染治理投入显著高于江苏与河北(分别是江苏的1.74倍和河北的1.93倍)。综合来看,新疆在环境污染和环境投入方面的改善未能弥补由于环境压力加大导致的生态恶化,造成新疆在2017年的生态评分比2004年时下降了0.1576。今后,新疆应在用水、用电、用煤方面加大力度减少能源资源消耗,着力减少环境压力,从而达以生态系统与经济系统的双赢发展。

河北省虽已在2010年进入转型发展中,但其经济发展显著滞后于生态发展,但纵向来看,二者间的差距略有缩小——2004年河北的经济系统得分0.1388分、生态系统得分0.7088分,相差5.1倍;2017年经济系统得分0.3771分、生态系统得分0.7652分,相差2倍。经济提高了0.2383分、生态仅提高了0.0564分,说明河北的经济发展成绩好于生态发展。具体而言,河北省人均GDP、人均财政收入、三产占比、居民消费水平、人均固定资产投资以及社会劳动生产率的增长是其经济系统得分提高的主要原因,说明经济驱动力对经济发展的贡献最大;而河北在人均用电量的明显增长导致了环境压力有所加大,污染物排放方面变化不大,但环境投入增加,人均环境污染治理费用与人均公园绿地面积的显著提高弥补了环境压力对生态系统整体评分的负面影响,因此河北的生态评分变化不大。整体来看,河北省生态-经济系统耦合协调度的提高主要得益于其在经济领域的发展,但未来河北仍需要在经济方面加大努力,缩小与生态之间的差距,以协同推进经济的高质量发展与生态的高质量保护。

从江苏的经济评分与生态评分来看,其经济发展非常迅速,由2004年的0.2067快速提高至2017年0.8239,提高了近四倍;但与此同时,其生态发展却出现了明显的倒退,由2004年的0.6379降至2017年的0.4957,降幅超过22%,这是造成其在转型发展阶段中由经济滞后型转为生态滞后型的主要原因。江苏经济的发展主要得益于人均地区生产总值、人均财政收入、三产比重、居民消费、人均固定投资、人均进出口及全社会劳动生产率的提高,说明经济驱动力对经济发展的贡献巨大,从经济各指标的数值来看,2017年江苏的人均GDP、人均财政收入、三产比重、居民消费、人均固定投资、人均进出口以及全社会劳动生产率均为研究周期中三省的最高值,其经济发展成绩非常亮眼。但生态方面,江苏的人均用电量、人均用煤量显著增长导致环境压力加剧,人均废水排放量与生活垃圾清运量的快速增长也完全抵消了其在二氧化硫排放方面的努力,造成环境污染进一步恶化,虽然环境投入加大,但未能弥补其环境压力与环境污染的负面影响,江苏整体的生态系统呈现明显的退化现象。未来江苏应在用能方面加大力度,提高资源使用效率,减少资源消耗总量,同时大力治理废水排放与生活垃圾,减少环境污染,切实提高生态发展的质量,以实现生态-经济系统的更高水平耦合协调发展。

## 6. 小结

以耦合协调度模型评价我国东西部地区的协调发展情况,结果显示新疆、江苏及河北三省的均已进入生态系统与经济系统的高水平耦合阶段,生态发展与经济发展高度相关,二者相互影响、相互作用。但耦合协调度则有明显不同:三省均处于转型发展阶段,新疆与江苏的生态发展滞后于经济发展,而河北则是经济发展滞后于生态发展。东部地区与西部地区的发展差距并不完全呈现于经济领域,与处于西部地区的新疆比较来看,同属于东部地区的江苏省与河北省,经济有强有弱,但生态却均明显质量更高。



未来三地需从各自的短板出发, 进一步加强经济发展与生态保护的力度, 以实现更高质量的生态系统与经济系统的协同发展。

本文的研究显示, 在区域的协调发展分析中, 耦合协调度模型有较强的适用性, 不仅能分析双系统间的相互影响, 也可扩展至多系统间的协调性研究。但在具体的研究中, 还应特别注重指标的选取, 各变量指标的科学、客观、合理及有效, 是计量研究结论科学性与正确性的重要保障。

## 基金项目

本文是 2021 年度全国党校(行政学院)系统重点调研课题“新发展阶段生态系统与经济系统协同发展研究”(课题编号: 2021DXXTZDDYKT007)的阶段性成果。

## 参考文献

- [1] 吴玉鸣, 张燕. 中国区域经济增长与环境的耦合协调发展研究[J]. 资源科学, 200(1): 25-30.
- [2] 谢炳庚, 陈永林, 李晓青. 耦合协调模型在“美丽中国”建设评价中的运用[J]. 经济地理, 2016(7): 38-44.
- [3] 马双, 张翼鸥. 长三角城市群生态环境 - 科技创新 - 经济增长耦合协调时空分异研究[J]. 上海经济, 2019(5): 23-32.
- [4] 潘明明, 蔡玉婧, 蒋世辉. 区域经济、旅游、生态环境系统耦合协调发展研究——以新疆为例[J]. 新疆农垦经济, 2014(1): 21-27.
- [5] 刘德光, 屈小爽. 中国旅游经济与生态环境协调发展度测算及区域差异分析[J]. 广东财经大学学报, 2016(4): 89-96+105.
- [6] 邓洪中, 邹雨情. 农业生态环境与经济增长耦合协调度时空分异研究——以湖南省为例[J]. 湖南财政经济学院学报, 2018(1): 37-44.
- [7] 曹诗颂, 王艳慧, 段福洲, 等. 中国贫困地区生态环境脆弱性与经济贫困的耦合关系: 基于连片特困区 714 个贫困县的实证分析[J]. 应用生态学报, 2016, 27(8): 2614-2622.
- [8] 刘巧婧, 王莉红. 城市化与生态环境耦合协调关系研究——以杭州市为例[J]. 环境科学学报, 2018, 38(10): 4214-4222.
- [9] 王芳. 基于耦合协调度模型的生态系统与经济系统协同发展研究——以京津冀地区为例[J]. 湖北社会科学, 2021(6): 64-72.
- [10] He, J., Wang, S., Liu, Y., *et al.* (2017) Examining the Relationship between Urbanization and the Eco-Environment Using a Coupling Analysis: Case Study of Shanghai, China. *Ecological Indicators*, 77, 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.01.017>