

# 基于耦合模型的数字经济与乡村振兴发展研究

周文涛<sup>1</sup>, 王晓洁<sup>1</sup>, 姜源源<sup>1</sup>, 杨炼<sup>2</sup>, 陈国华<sup>2\*</sup>, 夏美丽<sup>1</sup>

<sup>1</sup>湖南人文科技学院研究生教育教学部, 湖南 娄底

<sup>2</sup>湖南人文科技学院数学与金融学院, 湖南 娄底

收稿日期: 2023年1月16日; 录用日期: 2023年2月6日; 发布日期: 2023年2月20日

## 摘要

本文对乡村振兴与数字经济发展进行研究, 研究二者的耦合度与协调性。在基于查询的文献和搜集相关数据下, 构建数字经济与乡村振兴相耦合的数学模型。从数字经济及乡村振兴的八个维度出发, 即产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕和数字基础设施、农业数字化、农业数字产业化, 考虑将8个维度层进一步划分为24个指标, 计算各指标的权重, 并构建数字经济-乡村振兴耦合系统指标体系。通过权重和发展指数得出, 农村数字经济增长速度大于乡村振兴增长速度, 耦合系统有向高阶演化的趋势。通过耦合协调度分析可得出, 数字经济与乡村振兴两个子系统之间存在紧密的相互依赖、相互作用关系, 说明数字经济与乡村系统之间存在强烈的相关性。

## 关键词

数字经济, 乡村振兴, 耦合协调度模型

# Research on Digital Economy and Rural Revitalization Development Based on Coupled Model

Wentao Zhou<sup>1</sup>, Xiaojie Wang<sup>1</sup>, Yuanyuan Jiang<sup>1</sup>, Lian Yang<sup>2</sup>, Guohua Chen<sup>2\*</sup>, Meili Xia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Graduate Studies, Hunan University of Humanities, Science and Technology, Loudi Hunan

<sup>2</sup>School of Mathematics and Finance, Hunan University of Humanities, Science and Technology, Loudi Hunan

Received: Jan. 16<sup>th</sup>, 2023; accepted: Feb. 6<sup>th</sup>, 2023; published: Feb. 20<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

This paper studies the rural revitalization and the development of digital economy, and studies

\*通讯作者。

文章引用: 周文涛, 王晓洁, 姜源源, 杨炼, 陈国华, 夏美丽. 基于耦合模型的数字经济与乡村振兴发展研究[J]. 统计学与应用, 2023, 12(1): 61-69. DOI: 10.12677/sa.2023.121008

the coupling and coordination between the two. Based on the query-based literature and the collection of relevant data, a mathematical model of the coupling of digital economy and rural revitalization is constructed. Starting from the eight dimensions of digital economy and rural revitalization, namely, industrial prosperity, ecological livability, rural civilization, effective governance, affluent life and digital infrastructure, agricultural digitalization, and agricultural digital industrialization, we consider further dividing the eight dimensions into 24 indicators, calculating the weight of each indicator, and constructing an indicator system for the coupling system of digital economy and rural revitalization. According to the weight and development index, the growth rate of rural digital economy is greater than that of rural revitalization, and the coupling system tends to evolve to a higher order. Through the analysis of coupling coordination degree, it can be concluded that there is a close interdependence and interaction between the two subsystems of digital economy and rural revitalization, indicating that there is a strong correlation between digital economy and rural system.

## Keywords

Digital Economy, Rural Revitalization, Coupling Coordination Degree Model

Copyright © 2023 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

党的十九大提出“乡村振兴”战略，二十大报告中指出全面推进乡村振兴。实施乡村振兴战略，是实现社会主义新时期社会主要矛盾、实现百年奋斗目标的必然要求，具有重大现实意义和深远历史意义。《关于做好2022年全面推进乡村振兴重点工作的意见》明确指出，要在2022年全面推进农村建设，必须坚持和全面实施。乡村振兴的内容主要有：产业、人才、文化、生态、组织等5个方面[1]。

与农耕时代的农业经济，以及工业时代的工业经济大有不同，数字经济是一种新的经济、新的动能，新的业态，其引发了社会和经济的整体性深刻变革，其以数据资源为关键要素，以现代信息网络为主要载体，以信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力，促进公平与效率更加统一。数字经济时代给我们的生活带来极大便利的同时，传统农耕时代的农业经济已不再适用于当下乡村发展，数字经济作为一种新的经济在世界各国加快传统行业向现代化转型方面均具有极高地位[2]。

本文基于我国东部、东北部、西部和中部地区数字经济和乡村振兴具有代表性的湖南省、四川省、江苏省以及吉林省4个大省，以这四个省在数字经济及乡村振兴中八个维度的数据作为研究对象，建立数学模型。运用耦合模型进行多维度多指标分析，分析数字经济与乡村振兴的相关性。

## 2. 模型的假设

### 2.1. 模型假设

本文做出预测的前提是建立在现有的条件和环境不发生重大变化。

### 2.2. 符号说明

论文中的符号说明如表1所示。

Table 1. Symbolic description

表 1. 符号说明

符号	说明	符号	说明
$X$	表示数字经济	$d_{ij}$	表示第 $i$ 年第 $j$ 指标的比重
$Y$	表示乡村振兴	$e_j$	表示第 $j$ 个指标的信息熵
$X_s$	表示数字经济下的三个维度( $s = 1, 2, 3$ )	$\psi_j$	表示第 $j$ 个指标权重
$Y_j$	表示乡村振兴下的五个维度( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ )	$f(x)$	表示为数字经济子系统发展指数
$X_{sj}$	表示数字经济下的第 $s$ 个维度下的第 $j$ 个指标	$g(x)$	表示为乡村振兴子系统发展指数
$Y_{sj}$	表示乡村振兴下的第 $s$ 个维度下的第 $j$ 个指标	$D$	表示为耦合协调度
$\max(x_j), \max(y_j)$	表示所有年份中第 $j$ 指标的最大值	$C$	表示为耦合度
$\min(x_j), \min(y_j)$	表示所有年份中第 $j$ 指标的最小值	$T$	表为两个子系统的综合发展指数
$x_{ij}, y_{ij}$	表示所有年份中第 $j$ 指标的最小值		

### 3. 数据预处理

#### 3.1. 指标选取

从我国东部、东北部、西部和中部地区，结合区域差异以及在数字经济和乡村振兴发展方面具有代表性的大省，包括湖南省、四川省、江苏省以及吉林省，以这四个省在数字经济及乡村振兴中八个维度的数据作为研究对象，建立数学模型。

为了紧扣数字经济与乡村振兴耦合的理论模型，需要先构建数字经济 - 乡村振兴耦合系统指标体系，再对理论模型进行阐释。本文从数字经济及乡村振兴的八个维度出发，即产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕和数字基础设施、农业数字化、农业数字产业化，参考已有的文献资料，将 8 个维度层进一步划分为 24 个指标的数字经济 - 乡村振兴耦合系统指标体系。具体视图如下表 2 所示。

Table 2. Indicators of digital economy—rural revitalization subsystem

表 2. 数字经济 - 乡村振兴子系统各指标

耦合子系统	一级指标	二级指标	指标衡量公式
数字经济	数字基础设施	农村智能手机普及率	部/百人
		农村互联网普及率	农村宽带接入用户/乡村户数
		广播电视网络覆盖率	农村有线广播电视实际用户/农村家庭总户数
数字经济	农业数字化	农业数字化规模	种植业、畜牧业、渔业等行业中数字技术应用规模占比
		农业生产投资力度	农、林、牧、渔业固定资产投资/社会固定资产
		农产品数字化交易	农产品网络零售额
农业数字化产业	农业物联网信息技术应用	农业物联网信息技术应用	即农村邮政网点平均服务人口
		农村数字基地	即数字创新基地
		农村网络支付数量及规模	即农村数字普惠金融指数

Continued

产业兴旺	第一产业增加值比重	第一产业增加/地区生产总值
	人均机械总动力	农用机械总动力/第一产业从业人员
生态宜居	土地生产率	第一产业增加值/农作物总播种面积
	绿化覆盖率	绿化覆盖面积/乡村总面积
乡风文明	千人村卫生室人员	卫生技术人员数/乡村人口
	供水普及率	使用自来水的农户数/农户总数
乡村振兴	文化教育支出比例	文化教育支出量/总消费
	平均受教育年限	(文盲数 × 1 + 小学人数 × 6 + 初中人数 × 9 + 高中和中专人数 × 12 + 大专及本科以上学历 × 16)/6 岁以上人口总数
治理有效	文化站覆盖率	乡镇文化站个数/乡镇个数
	开展村庄整治的比例	开展整治的村庄个数/行政村个数
生活富裕	有村庄建设规划的比例	有建设规划的村庄个数/行政村个数
	村民委员会覆盖率	村民委员会个数/自然村个数
	人均居住面积	住宅建筑面积/乡村人口
	城乡居民收入对比	(城市居民收入/(农村居民收入 = 1)
	恩格尔系数	食品支出总额/消费支出总额

主要参考张鸿[3]等,李志龙[4]、张挺[5]等、张旺[6]等学术成果,本文指标相较于以上学者的研究进行了指标的细化。

### 3.2. 数据来源

国家统计局中的每年的中国统计年鉴、国家统计局网站、各省的统计局网站、中国农村统计年鉴等。

### 3.3. 数据处理

#### 一、熵值法

对相关指标赋予权重,就目前已有的赋权法主要包括主观赋权法和客观赋权法,主观赋权法是依据指标之间的相对重要程度通过主观判断以对指标赋予相应权重,如主成分分析法、Delphi 法及 AHP 法等,而客观赋权法是以指标的原始信息为依据来进行赋权,如聚类分析法、标准差法、熵值法及极差法等。一般情况下,主观赋权法有可能受到主观人为的影响,在对指标权重赋值时有失偏颇,进而不能很好地反映指标综合指数。因此,经综合考虑,为避免主观赋权造成指数测度不准确,在此采用客观赋权法中的熵值法对指标进行赋权[7]。

#### 1) 正规化

在上述的 24 个指标来源于不同层次,其指标的量纲与数量级均存在显著的差异,因此,本文将这些不同指标进行处理,才具有横向的可比性及实用性,保证结果的精准性。

$$\text{正向指标: } x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

$$y'_{ij} = \frac{y_{ij} - \min(y_j)}{\max(y_j) - \min(y_j)}$$

$$\text{负向指标: } x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

$$y'_{ij} = \frac{y_{ij} - \min(y_j)}{\max(y_j) - \min(y_j)}$$

$\max(x_j), \max(y_j)$  为所有年份中第  $j$  指标的最大值,  $\min(x_j), \min(y_j)$  为所有年份中第  $j$  指标的最小值,  $x_{ij}, y_{ij}$  为无量纲化的数值。

2) 各指标的熵和权重

a) 计算第  $i$  年第  $j$  指标的比重

$$d_{ij} = x'_{ij} / \sum_{i=1}^m x'_{ij} \quad (1)$$

$$d_{ij} = y'_{ij} / \sum_{i=1}^m y'_{ij} \quad (2)$$

b) 计算第  $j$  个指标的信息熵

$$e_j = -1/\ln(m) \sum_{i=1}^m \{d_{ij} \ln(d_{ij})\} \quad (3)$$

c) 计算第  $j$  个指标权重

$$\psi_j = -(1 - e_j) / \sum_{j=1}^n (1 - e_j) \quad (4)$$

其中  $\psi_j \in [0, 1]$ ,  $\sum_{j=1}^n \psi_j = 1$

d) 计算各子系统第  $i$  年的发展指数

$$f(x) \text{ or } g(y) = \sum_{j=1}^n \psi_j d_{ij} \quad (5)$$

以上式子中,  $m$  为年数,  $n$  为指标数,  $f(x), g(y)$  分别为数字经济子系统和乡村振兴子系统发展指数。本文有关熵值法主要计算过程参考周成等[7]学术成果。

根据上述公式, 采用 Stata 软件分别进行计算, 最终得出数字经济和乡村振兴的各个指标权重。权重计算结果见表 4。

## 4. 模型的建立

### 4.1. 耦合协调度模型

耦合的概念来源于物理学, 是指两个或两个以上子系统相互作用, 彼此影响至协同一致的现象[8]。基于此本文构建数字经济与乡村振兴的耦合度模型, 而所构建的数字经济 - 乡村振兴耦合系统表现为一种复杂的非线性耦合关系, 可表示为:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (6)$$

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

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

其中,  $D$  为耦合协调度,  $C$  为耦合度,  $T$  为两个子系统的综合发展指数,  $\alpha$  和  $\beta$  为待定系数, 对于两个子系统通常 0.5。耦合协调度  $D$  的取值范围为 0 到 1 的“四分法”划分方法, 将耦合系统协调度区间进行划分, 如下表 3 所示。

**Table 3.** Degree of coupling coordination  
**表 3.** 耦合协调度

耦合协调度	协调水平
(0,0.4]	低度协调耦合
(0.4,0.5]	中度协调耦合
(0.5,0.8]	高度协调耦合
(0.8,1]	极度协调耦合

## 4.2. 耦合演化模型

数字经济 - 乡村振兴耦合系统是一个复合系统, 包含数字经济子系统和乡村振兴子系统, 本文根据系统理论, 将两个子系统演化方程表示为:

$$f(x,t) = dF(x)/dt \quad (9)$$

$$g(y,t) = dG(y)/dt \quad (10)$$

其中,  $F(x,t)$  和  $G(y,t)$  为受自身与外界影响下的数字经济子系统和乡村振兴子系统的演化状态, 且两个子系统的演化速率分别为:

$$v(x) = dF(x)/dt \quad (11)$$

$$v(y) = dG(y)/dt \quad (12)$$

其中, 将  $v(x)$  和  $v(y)$  的演化轨迹投影到同一个二维平面, 对于某一时间点, 曲线  $v(x)$  和  $v(y)$  的夹角  $\gamma$  可表示为  $\tan \gamma = v(x)/v(y)$ , 则有  $\gamma = \arctan[v(x)/v(y)]$  夹角  $\gamma$  反映了数字经济与乡村振兴两个系统变化趋势之间的特征与差异。

## 5. 模型的求解

### 5.1. 权重的计算

指标层的权重由熵权法计算而来, 要素层权重由指标层合成而来, 计算结果如下表 4 所示。

**Table 4.** Weight of each index  
**表 4.** 各指标权重

耦合子系统	一级指标	二级指标	权重
数字经济	数字基础设施	农村智能手机普及率	0.073
		农村互联网普及率	0.021
		广播电视网络覆盖率	0.057
	农业数字化	农业数字化规模	0.283
		农业生产投资力度	0.076
		农产品数字化交易	0.293

Continued

		农业物联网信息技术应用	0.020
	农业数字化产业	农村数字基地	0.138
		农村网络支付数量及规模	0.052
		第一产业增加值比重	0.065
	产业兴旺	人均机械总动力	0.017
		土地生产率	0.014
		绿化覆盖率	0.093
	生态宜居	千人村卫生室人员	0.137
		供水普及率	0.039
		文化教育支出比例	0.023
乡村振兴	乡风文明	平均受教育年限	0.019
		文化站覆盖率	0.051
		开展村庄整治的比例	0.043
	治理有效	有村庄建设规划的比例	0.040
		村民委员会覆盖率	0.119
		人均居住面积	0.057
	生活富裕	城乡居民收入对比	0.018
		恩格尔系数	0.016

## 5.2. 发展指数

计算数字经济、乡村振兴两个子系统的发展指数，使之能够更加清晰展示两种发展指数的区域差异。具体结果见下表 5 所示。

**Table 5.** Digital economy by province—rural revitalization development index

**表 5.** 各省份数字经济 - 乡村振兴发展指数

	四川		江苏		吉林		湖南	
	数字经济子系统发展指数	乡村振兴子系统发展指数	数字经济子系统发展指数	乡村振兴子系统发展指数	数字经济子系统发展指数	乡村振兴子系统发展指数	数字经济子系统发展指数	乡村振兴子系统发展指数
2017 年	0.281	0.233	0.267	0.418	0.150	0.228	0.189	0.301
2018 年	0.315	0.235	0.317	0.410	0.163	0.227	0.219	0.292
2019 年	0.352	0.260	0.345	0.427	0.175	0.246	0.238	0.311
2020 年	0.391	0.283	0.417	0.438	0.187	0.265	0.258	0.323
2021 年	0.417	0.298	0.50	0.450	0.248	0.319	0.274	0.340

从上述所示，可以看出在江苏省、吉林省、湖南省数字经济发展指数小于乡村振兴发展指数，但在后两年差距有缩小的趋势；在四川省份数字经济发展指数大于乡村振兴发展指数，这些现象说明农村数字经济增长速度大于乡村振兴增长速度，这种发展趋势有利于耦合系统向高阶演化。

## 5.3. 耦合协调度分析

根据协调度的发展水平类型及判别标准，对三个省份的数字经济与乡村振兴协调状况进行判别分类，

耦合度与协调度具体数值结果如下表 6 所示。

**Table 6.** 2017~2021 provincial coupling degree coordination  
**表 6.** 2017~2021 年各省耦合度协调

	2017		2018		2019		2020		2021	
	耦合度	协调度								
四川	0.989	0.496	0.978	0.511	0.989	0.550	0.991	0.593	0.998	0.617
江苏	0.965	0.573	0.976	0.615	0.981	0.631	0.986	0.654	0.991	0.673
吉林	0.981	0.434	0.990	0.441	0.991	0.453	0.995	0.481	0.997	0.512
湖南	0.968	0.481	0.979	0.491	0.981	0.517	0.989	0.531	0.995	0.544

由上面的数据可以发现，数字经济与乡村振兴两个子系统之间存在紧密的相互依赖、相互作用关系，也就是数字经济与乡村系统之间存在强烈的相关性。

## 6. 结论

本文基于我国东部、东北部、西部和中部地区数字经济和乡村振兴具有代表性的湖南省、四川省、江苏省以及吉林省 4 个大省，以这四个省在数字经济及乡村振兴中八个维度的数据作为研究对象，运用耦合协调度模型和耦合演化模型，探析数字经济与乡村振兴发展的关系。通过研究发现，数字经济与乡村振兴总体表现高耦合一般协调。以四川、江苏、吉林、湖南各省耦合度较高，说明小乡村振兴和数字经济两者关联程度较强，具有很好的同步性，且存在向有序发展的趋势。但在高耦合的情况下，并不一定是一般协调的关系。由本文中表格分析可得出，在数字经济中，存在数字化基础设施(互联网、智能手机)未能全面普及；农业数字化规模投资力度不够；存在农业数字化产业较少等问题。在乡村振兴中，乡村产业存在人均机械总动力不足，土地生产率低等问题，以及关于生态宜居，乡村文明建设与治理成效方面的问题，其中城乡收入差距也存在一定的影响。目前乡村振兴与数字经济未能形成最优势的互动，处于调和阶段，两者促进效果还可以更为显著，还有更大的提升空间。由此，应该完善数字化基础设施的建设，加大数字化规模的投资力度。完善乡村振兴中存在的问题，提升二者的整合度与协调性，形成乡村振兴与数字经济相互配合、彼此协调的发展合力，走数字经济助推乡村振兴协调发展之路。

## 致 谢

感谢湖南人文科技学院数学与金融学院对本文的支持。

## 基金项目

湖南省学位与研究生教育改革研究项目“专业学位硕士研究生创新人才培养的数学建模‘两轮驱动’模式研究与实践”(湘教通[2019] 293 号 No. 2019YGYB67)。

## 参考文献

- [1] 黄祖辉. 准确把握中国乡村振兴战略[J]. 中国农村经济, 2018(4): 2-12.
- [2] 李晓华. 数字经济新特征与数字经济新动能的形成机制[J]. 改革, 2019(11): 40-51.
- [3] 张鸿, 王浩然, 李哲. 乡村振兴背景下中国数字农业高质量发展水平测度——基于 2015-2019 年全国 31 个省市数据的分析[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2021, 50(3): 141-154.
- [4] 李志龙. 乡村振兴 - 乡村旅游系统耦合机制与协调发展研究——以湖南凤凰县为例[J]. 地理研究, 2019, 38(3): 643-654.

- 
- [5] 张挺, 李闽榕, 徐艳梅. 乡村振兴评价指标体系构建与实证研究[J]. 管理世界, 2018, 34(8): 99-105.
  - [6] 张旺, 白永秀. 数字经济与乡村振兴耦合的理论构建、实证分析及优化路径[J]. 中国软科学, 2022(1): 132-146.
  - [7] 周成, 冯学钢, 唐睿. 区域经济 - 生态环境 - 旅游产业耦合协调发展分析与预测——以长江经济带沿线各省市为例[J]. 经济地理, 2016, 36(3): 186-193.
  - [8] 贾路, 任宗萍, 李占斌, 等. 基于耦合协调度的大理河流域径流和输沙关系分析[J]. 农业工程学报, 2020, 36(11): 86-94.