

# 我国西南地区科技创新与经济高质量发展 发展的耦合协调关系

——以云贵川三省为例

胡玉梅, 谢云

(贵州大学数学与统计学院, 贵州贵阳 550025)

**摘要:** 选取云南、贵州、四川三省为我国西南地区的代表, 根据2011—2020年的相关数据, 构建经济高质量发展评价体系和科技创新发展评价体系, 度量云贵川三省经济高质量发展和科技创新的综合指数、耦合度以及耦合协调度, 并引入空间计量模型探究其耦合协调关系的主要影响因素, 为促进西南地区经济高质量发展与科技创新相互融合、协调发展提供理论和实证依据。

**关键词:** 科技创新; 区域经济高质量发展; 耦合协调关系; 空间计量模型

中图分类号: F273.1

文献标志码: A

文章编号: 2096-5095(2022)05-0030-07

## The Coupling Coordination Relationship Between Scientific and Technological Innovation and High-quality Economic Development in Southwest China: Taking Yunnan, Guizhou and Sichuan as Examples

HU Yu-mei, XIE Yun

(School of Mathematics and Statistics, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract:** Based on the relevant data from 2011 to 2020, this paper selects Yunnan, Guizhou and Sichuan as the representatives of southwest China, constructs the evaluation system of high-quality economic development and scientific and technological innovation development, and measures the comprehensive index, coupling degree and coupling coordination degree of high-quality economic development and technological innovation in three provinces. Meanwhile, the paper introduces a spatial econometric model to explore the main influencing factors of coupling coordination relationship. It is in order to provide theoretical and empirical basis for promoting the mutual integration and coordinated development of high-quality economic development and scientific and technological innovation in southwest China.

**Key words:** scientific and technological innovation; high-quality regional economic development; coupling coordination relationship; spatial econometric model

收稿日期: 2022-06-02

作者简介: 胡玉梅(1997—), 女, 硕士在读, 研究方向: 计量经济学; 谢云(1981—), 男, 副教授, 博士, 研究方向: 计量经济学。

## 0 引言

近年来，我国经济发展已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。高质量发展作为新的时代主题，科技创新是其核心驱动力。近年来，国内众多学者对经济高质量发展开展深入研究，并从不同角度探究与经济高质量发展有密切联系的影响因素，例如，张昌兵等<sup>[1]</sup>从金融角度出发，实证研究发现金融集聚对经济高质量发展有显著的促进作用。随着科技在经济发展各个领域中的影响越来越显著，学者逐渐将关注点转向科技创新要素，如冯梦黎等<sup>[2]</sup>、王淑英等<sup>[3]</sup>、陈章喜等<sup>[4]</sup>、于世海<sup>[5]</sup>、蔡冰冰等<sup>[6]</sup>均致力于研究科技创新要素与经济高质量发展间的耦合协调关系。此外，魏敏等<sup>[7]</sup>、叶仁道等<sup>[8]</sup>学者利用熵权-TOPSIS法进行实证研究，结果发现经济高质量发展水平在不同地区具有不同的分布特征，总体上呈现“东部高、中部平、西部低”的分布格局。现有研究主要以我国全部省份和华东发达地区为对象，对于本身经济发展水平相对较低的西南地区研究相对较少，因此，研究西南地区科技创新与经济高质量发展的耦合协调关系具有一定的现实意义。

进入经济发展新常态后，云贵川三省经济高速发展、地区交流密切、相互协作频繁，成为了西南地区经济发展最快且最具潜力的代表性地区，因此，为了研究我国西南地区经济高质量发展与科技创新的耦合协调关系，促进区域经济高质量发展与科技创新相互融合、协调发展，充分发挥各地区的区域优势，本文选取云贵川三省作为西南地区的代表区域开展研究。本文以新发展理念为核心思想，构建出经济高质量发展水平和科技创新水平的评价指标体系，并运用熵值法来确定各指标权重，进而测算出经济高质量发展和科技创新的耦合度和协调度。此外，本文基于空间视

角，以2019年云贵川三省的截面数据为例，构建空间计量模型，研究影响云贵川三省区域经济高质量发展与科技创新耦合协调度的影响因素，为经济发展水平较低和科技创新能力较弱的西南地区实现经济和科技的跨越式发展提供参考。

## 1 研究方法

### 1.1 熵值法

由于本文对经济高质量发展和科技创新水平评价选取的指标多达23项，所含信息量较大且各项指标具有不确定性，因此，采用熵值法来确定某项指标的权重。

在信息理论中，熵是对不确定性的一种度量，熵值法是一种客观的赋权法，是根据各项指标观测值所提供的信息大小来确定其所占的权重，信息量越大，则不确定性就越小，相应的熵也越小；反之，信息量越小，则不确定性就越大，相应的熵也越大。为消除数量级不同对评价结果的影响，本文对数据均进行标准化处理。

设定 $X_{ij}$ 为第 $i$ 省第 $j$ 项指标数值，各项指标的权重为 $w_j$ 。具体计算步骤如下：

第一步，计算各项指标的贡献度。公式如下：

$$P_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^m Y_{ij}} \quad (1)$$

其中， $Y_{ij}$ 为 $X_{ij}$ 标准化后的指标数值。

第二步，计算各项指标的信息熵值。公式如下：

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

其中， $k = \frac{1}{\ln(m)}$ 。

第三步，计算各项指标的差异性系数。公式如下：

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

第四步，计算各项指标的权重。公式如下：

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

最后,根据计算出的权重得到系统的综合指数  $u_i$ 。公式如下:

$$u_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} Y_{ij} \quad (5)$$

## 1.2 耦合度和协调度

### 1.2.1 耦合度

耦合度是对系统之间关联程度的度量。本文将科技创新和经济高质量发展视作两个可度量的系统,根据熵值法计算出的权重得到两个系统的综合指数  $u_1$  和  $u_2$ ,进而测度两个系统的耦合度  $C$ 。计算公式如下:

$$C = 2 \sqrt{\frac{u_1 u_2}{(u_1 + u_2)^2}} \quad (6)$$

其中,  $u_1$  为经济高质量发展水平综合指数;  $u_2$  为科技创新水平综合指数;  $C$  的取值范围为  $[0 \sim 1]$ ,  $C$  值越大表示经济高质量发展与科技创新之间的耦合度越高、关联程度越强。

当  $C$  值位于区间  $[0, 0.2]$  时,两个系统处于低度耦合阶段;当  $C$  值位于区间  $(0.2, 0.4]$  时,两个系统处于较低耦合阶段,表明经济高质量发展水平较低,科技创新引领经济高质量发展未能实现;当  $C$  值位于区间  $(0.4, 0.6]$  时,两个系统处于中度耦合阶段,表明科技创新对经济高质量发展具有一定的贡献作用;当  $C$  值位于区间  $(0.6, 0.8]$  时,两个系统处于较高耦合阶段,表明科技创新对经济高质量发展有良好的均衡效用;当  $C$  值位于区间  $(0.8, 1]$  时,两个系统处于高度耦合阶段,表明科技创新与经济高质量发展同步发展、相互促进。

### 1.2.2 协调度

由于耦合度只反映出区域经济高质量发展与科技创新的关联程度,未反映出两个系统间的协调发展水平,因此,为了更好地反映两个系统的

关联程度和相互作用效应,可进一步计算两个系统的协调度。公式如下:

$$T = \alpha u_1 + \beta u_2 \quad (7)$$

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

式(7)(8)中:  $T$  为经济高质量发展和科技创新的综合协调指数;  $\alpha$ 、 $\beta$  为两个系统综合指数的权重,科技创新是区域经济高质量发展的核心驱动力,本文参考陈章喜等<sup>[4]</sup>的研究成果,取  $\alpha = \beta = 0.5$ ,即两者同等重要。

$D$  的取值范围为  $[0 \sim 1]$ ,且  $D$  值越大表示两个系统的协调度越高。协调度划分标准如表1所示。

表1 科技创新与经济高质量发展间的协调度划分标准

协调度取值范围	协调类型
$[0, 0.2]$	低度水平协调
$(0.2, 0.4]$	轻度水平协调
$(0.4, 0.6]$	中度水平协调
$(0.6, 0.8]$	较高水平协调
$(0.8, 1]$	高度水平协调

## 1.3 空间计量模型法

一直以来,云贵川三省在经济、贸易、旅游等多个领域皆有往来,具有明显的空间交互效应,为了进一步研究3个地区间科技创新与经济高质量发展在空间和时间上的关联特征,本文引入空间效应,通过构建与之对应的空间自回归模型(SAR)、空间杜宾模型(SDM)、空间误差模型(SEM)3个经典空间模型进行实证检验。

### 1.3.1 空间自回归模型(SAR)

空间自回归模型也称空间滞后模型,主要用于研究地区被解释变量不仅与本地区的解释变量有关,还与邻近地区被解释变量有关的情形。基本模型设定如下:

$$Y = \rho W_y + \beta X + \varepsilon \quad (9)$$

其中,  $Y$  是研究地区的被解释变量,  $X$  是解释变

量,  $W_y$  是邻近地区的被解释变量,  $\rho$  是空间自相关系数,  $\varepsilon$  是随机扰动项。

### 1.3.2 空间误差模型(SEM)

空间误差模型主要适用于研究影响被解释变量的遗漏变量与不可观测的随机因素存在空间相关性的情形。基本模型设定如下:

$$Y = \beta X + \mu, \mu = \lambda W\mu + \varepsilon \quad (10)$$

其中,  $\lambda$  是空间误差相关系数,  $\mu$  是随机误差项。

### 1.3.1 空间杜宾模型(SDM)

空间杜宾模型在空间自回归模型基础上进行了扩展, 引入了空间滞后自变量。结合 SAR 和 SEM 的特征, 基本模型设定如下:

$$Y = \rho W_y + \beta X + \delta W X + \varepsilon \quad (11)$$

其中,  $\delta$  是解释变量滞后性系数。

为了检验 SDM 模型的拟合效果是否优于 SAR 模型和 SEM 模型, 在实证分析部分会将 3 个模型的结果进行对比阐释。

## 2 实证分析

### 2.1 数据来源

本文以云南、贵州和四川三省为研究对象, 选取 2011—2020 年的相关数据, 数据来源于相应年份的《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《云南统计年鉴》《贵州统计年鉴》《四川统计年鉴》, 以及国家统计局、各省统计局等网站。

### 2.2 变量选取

根据“创新、协调、绿色、开放、共享”的发展理念, 参考张昌兵等<sup>[1]</sup>、冯梦黎等<sup>[2]</sup>的研究成果, 本文从创新发展、协调发展、绿色发展、开放发展、共享发展 5 个方面构建区域经济高质量发展的评价指标, 从人力投入、经费支出和科创成果 3 个方面构建科技创新的评价指标, 具体指标体系见表 2 和表 3。

表 2 区域经济高质量发展水平评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位
经济高质量发展	创新发展	地区生产总值(GDP)	亿元
		技术市场成交额	亿元
		新型专利授权量	件
	协调发展	地方财政支出	亿元
		人均 GDP	元
		城镇化率	
		城乡居民可支配收入比	
	绿色发展	城乡居民人均消费支出比	
		森林覆盖率	
		节能环保支出	亿元
开放发展	生活垃圾无害化处理率		
	进出口总额	万美元	
共享发展	实际使用外资额	万美元	
	财政用于教育的支出	亿元	
	一般公共服务支出	亿元	
	每万人拥有卫生技术人员数	人	
		城乡居民最低生活保障人数	万人

表 3 科技创新水平评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位
科技创新	人力投入	R&D 人员全时当量	人年
		研发机构数	个
	经费支出	地方财政科学技术支出	亿元
		R&D 经费投入强度	
	科创成果	高技术产业利润总额	亿元
	国内专利申请授权量	件	

### 2.3 数据预处理

本文选取的数据均来自于统计年鉴和统计网站, 因数据的可获取性, 某些指标在部分年份存在数据缺失, 因此, 采用线性插值法对缺失值进行填补。此外, 由于各个特征指标变量间的数值大小和计量单位存在明显差异, 为了使研究结果不受量纲的影响, 本文采用极值法对样本数据进行标准化处理, 将各变量数值映射到  $[0, 1]$  区间上。计算公式如下:

$$X_{\text{new}} = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (12)$$

### 2.4 耦合度和耦合协调度分析

#### 2.4.1 耦合度变化趋势分析

首先, 根据熵值法测算出 23 项指标各自的权



重  $w$ ，进一步得到经济高质量发展水平的综合指数  $u_1$  和科技创新水平  $u_2$ 。基于耦合度的计算公式，测算出云贵川三省经济高质量发展和科技创新这两个系统间的耦合度，并绘制出耦合度变化趋势图(如图1所示)。

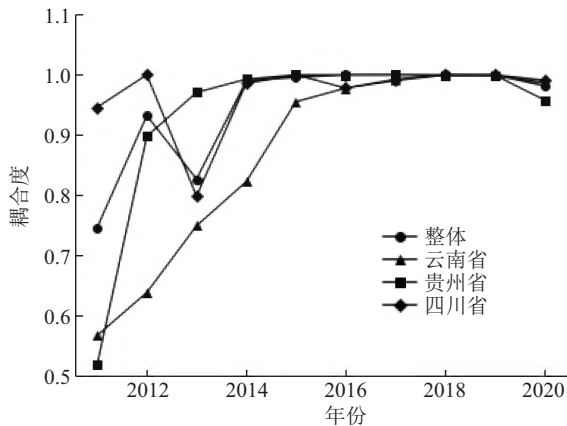


图1 云贵川三省及整体两个系统的耦合度变化趋势

由图1可知，从整体上看，2011—2020年云贵川三省的区域经济高质量发展与科技创新之间的耦合度均呈现出增长趋势。其中，云南的耦合度不断提升，说明云南省经济和科技保持同步发展；2014年云贵川三省均达到高度耦合状态，并从2016年以后趋于稳定，表明此后云贵川三省科技创新和经济高质量发展间的关联程度较高，经济领域与科技领域间协同发展、来往密切，表现出较强的相互促进效应。

此外，从图1中可看出，2015年是云贵川三省及整体两个系统耦合状态的分水岭。2015年之前，四川以及整体两个系统的耦合程度时而增强、时而减弱，处于不稳定发展状态；2015年之后，各省及整体两个系统皆趋于稳定高耦合状态，其中贵州和云南耦合度增长迅速，而四川波动较大，表明前期四川的经济高质量发展和科技创新的耦合状态不稳定，直到2015年之后两个系统之间才实现了更为稳定、高效的协同发展。

## 2.4.2 协调度变化趋势分析

与耦合度同理，依据计算得到各项指标的权重、综合指数和耦合度，进而计算出云贵川三省及整体两个系统的协调度，并绘制出协调度变化趋势图(如图2所示)。

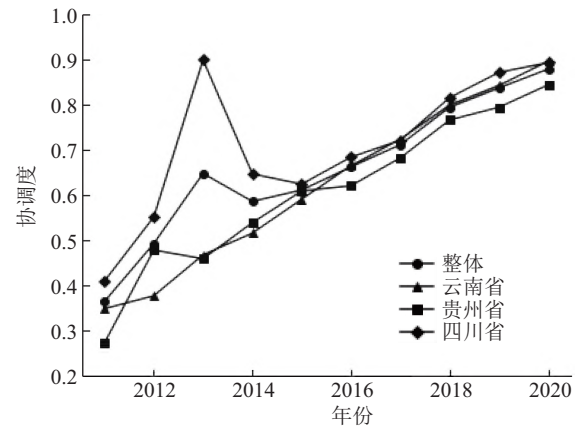


图2 云贵川三省及整体两个系统协调度的变化趋势

由图2可知，2011—2020年云贵川三省经济高质量发展与科技创新之间的协调度整体上呈上升趋势。其中，贵州和云南两个系统的协调度增长速度较快；相对而言，四川的协调度波动幅度较大，分别在2013年和2018—2020年达到高度协调水平，在2015年却降至中度协调水平，可看出四川的经济高质量发展与科技创新存在阶段性发展差异，经济下行压力较大，以及对科技投入的不足与不稳定，导致四川两个系统的协调度波动较大。云贵川三省在2011年至2015年(除2013年以外)整体两个系统的协调水平较低，处于低度或中度协调；此后，三省的科技创新逐渐向经济高质量发展的高要求看齐，经济高质量发展也在更大程度上带动科技创新的进步，直至2019年，三省经济与科技的联系日益密切，相互促进作用增强，达到高度协调发展，实现了以科技创新引领发展方向，推动经济高质量发展。

## 2.5 空间计量模型分析

从地理位置来看，云贵川三省互相接壤，风

俗习惯有相似之处；从政治经济领域来看，3个省份有密切交流和贸易往来，因此，三省经济和科技的耦合协调发展在空间上存在一定的关联效应。为了探究云贵川三省经济高质量发展与科技创新两个系统耦合协调度的主要影响因素，本文构建空间计量模型开展研究。

### 2.5.1 影响因素设计

参考蔡冰冰等<sup>[6]</sup>、叶仁道等<sup>[8]</sup>已有的研究成果和相关资料，结合云贵川三省经济和科技的实际发展情况，综合考虑数据的可获得性，本文从政策扶持、对外开放、人才培养、技术进步、产业支撑、基础设施这6个角度选择代表性变量来探究其耦合协调度的影响因素。其中，政策扶持选取全社会固定资产投资增长速度( $X_1$ )来衡量，固定资产投资通过建造和购置固定资产，调整经济结构和生产力的地区分布，反映了国家政策扶持的方向和成效；对外开放选取进出口总额与GDP的比重( $X_2$ )来衡量，这是反映经济开放度的主要指标；人才培养选取R&D人员全时当量( $X_3$ )来衡量，人才是推动社会经济的第一资源，科研人员是振兴科技事业的中坚力量；技术进步选取专利申请授权量( $X_4$ )来衡量，这是科技成果的直观性体现；产业支撑选取第一产业增加值( $X_5$ )来衡量，经济高质量发展的重中之重就是产业转型；基础设施选取人均城市道路面积( $X_6$ )来衡量，基础设施是经济社会发展的基础和必备条件，是不同区域间交流与往来的“桥梁”，能够促使资源的高效流通。

### 2.5.2 结果分析

由表3可知，空间杜宾模型的 $R^2$ 和LogL值均大于空间自回归模型和空间误差模型，且SDM的赤池信息准则AIC和施瓦茨信息准则SC值均小于另外两个模型，表明SDM拟合效果最好。

分析SDM中各解释变量的估计结果可知：(1)政策扶持的回归系数在统计上不显著，表明没

表3 2019年云贵川经济高质量发展与

科技创新耦合协调度空间计量结果

变量	SAR	SEM	SDM
$X_1$	0.002 4 *	0.002 5 *	0.000 4
$X_2$	0.092 9	0.107 2	0.136 2 *
$X_3$	0.026 3 ***	0.240 4 ***	0.013 2 **
$X_4$	0.018 3 ***	0.016 0 **	0.020 2 ***
$X_5$	0.027 0 **	0.028 5 *	0.015 8 **
$X_6$	0.070 4 **	0.047 9	0.019 7 *
常数项	0.771 1 ***	0.553 3 ***	1.108 3 ***
$R^2$	0.995 9	0.995 7	0.996 3
LogL	70.208 4	69.676 5	76.619 4
AIC	-122.416 9	-121.353 0	-123.238 7
SC	-105.959 1	-104.895 2	-115.809 1

注：\*、\*\*、\*\*\*分别表示在10%、5%、1%的水平上显著。

有足够的证据可证明政府的干预对云贵川经济高质量发展与科技创新的协调发展关系有显著影响；(2)对外开放的回归系数显著为正，相比其他各变量的回归系数数值较大，表明经济对外开放程度对经济高质量发展与科技创新耦合协调发展有较大的促进作用，经济全球化可为国内发展带来更多的外商投资及科学技术交流，有助于提高经济高质量发展与科技创新的耦合协调度；(3)人才培养的回归系数显著为正，表明随着科教兴国战略的实施，各领域都意识到人才的重要性，人才是经济社会发展的第一资源，高质量人才影响着科技水平的高低，因此，优质人才的培养是两个系统协调发展的重要驱动力；(4)技术进步的回归系数显著为正，表明技术水平对经济高质量发展与科技创新的协调发展有显著影响，技术水平越高，对经济高质量发展的促进就越大，同时给科技创新了更多的发展可能性和发展空间；(5)产业支撑的回归系数显著为正，说明产业发展可为经济高质量发展和科技发展助力，既能激活经济发展新动能，同时各种高科技、硬科技的发展也可对产业发展起到支撑作用，从而促使经济与科技的协同发展；(6)基础设施的回归系数显著为正，表明

基础设施作为保障社会经济活动正常进行的公共服务系统,其建设水平的提高可为不同区域间的贸易往来和技术交流提供便捷的条件,也可推动区域间科技创新和经济社会协同发展。

### 3 结语

本文的研究在已有相关研究的基础上进一步深入:从经济“质”的角度出发选取了17个指标来综合衡量经济高质量发展水平,参考物理学中的耦合协调模型,利用熵值法确定经济高质量发展和科技创新各指标的权重并进行线性加权,测算出经济高质量发展和科技创新发展的综合水平,进而计算出两个系统的耦合协调度,并以我国西南地区具有代表性的云南、贵州和四川为例,通过耦合协调模型的测度发现,云贵川三省在2018年以后才达到高度协调水平,表明在2018—2020年这3年云贵川地区的经济和科技领域关联度较高且相互影响,科技创新为经济高质量发展提供了源源不断的新动力,经济高质量发展也为科技创新提供了坚实有力的支撑;此外考虑不同地区间的空间关联效应,构建空间计量模型来探究影响两个系统耦合协调度的因素,通过对比模型拟合效果可知,既考虑因变量空间相关性,又考虑自变量空间相关性的空间杜宾模型的拟合效果最

佳,发现对外开放、人才培养、技术进步、产业支撑、基础设施这5个主要因素对云贵川经济高质量发展与科技创新耦合协调均产生不同程度的影响。

### 参考文献:

- [1] 张昌兵, 王晓慧, 顾志兰. 金融集聚对经济高质量发展影响的实证检验: 基于2005—2019年省际面板数据[J]. 工业技术经济, 2021, 40(2): 99-109.
- [2] 冯梦黎, 胡雯. 中国创新系统对经济高质量发展的影响研究[J]. 技术经济与管理研究, 2021(4): 12-16.
- [3] 王淑英, 寇晶晶, 卫朝蓉. 创新要素集聚对经济高质量发展的影响研究: 空间视角下金融发展的调节作用[J]. 科技管理研究, 2021, 41(7): 23-30.
- [4] 陈章喜, 颀孙冠华. 粤港澳大湾区科技创新与经济高质量发展耦合协调研究[J]. 云南社会科学, 2021(4): 92-100.
- [5] 于世海. 区域科技创新与经济增长质量的耦合协调性: 基于桂、滇、黔2009—2015年的数据[J]. 社会科学家, 2018(4): 82-89.
- [6] 蔡冰冰, 赵威, 李永贺, 等. 中国区域创新与区域经济耦合协调度空间格局及影响因素分析[J]. 科技管理研究, 2019, 39(9): 96-105.
- [7] 魏敏, 李书昊. 新时代中国经济高质量发展水平的测度研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2018, 35(11): 3-20.
- [8] 叶仁道, 钱正宁. 我国华东地区经济高质量发展影响因素分析: 基于面板数据模型[J]. 杭州电子科技大学学报(社会科学版), 2020, 16(6): 32-37.