

# 长江经济带区域创新生态系统安全性评估研究

吴艳霞 李芳菲 陈步宇<sup>1</sup>

(西安理工大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710054)

**【摘要】:** 文章以长江经济带为研究对象, 基于 DPSIR 模型构建“驱动力—压力—响应”三个子系统的区域创新生态系统, 运用 TOPSIS 生态位评估投影模型测算长江经济带 2009—2018 年区域创新生态系统安全状况, 并结合进化动量模型测算三大子系统的进化空间。结果表明: 长江经济带区域创新生态系统安全状况呈趋好态势, 但不均衡现象仍然突出, 呈现出由下游向上游“阶梯状”递减的趋势; 长江经济带区域创新生态系统发展不均衡态势随着近十年的发展得到一定的缓解, 但效果不明显, 不同梯度间仍有势能鸿沟; 三大子系统的相互协调发展是区域创新生态系统健康发展的前提, 忽视任一子系统的发展都会使区域创新生态系统安全性降低; 长江经济带上下中游地区创新生态系统安全状态改善措施各有侧重点。

**【关键词】:** 区域创新生态系统 安全性 评估

**【中图分类号】:** F127; F124.3 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1007-5097 (2021) 09-0039-10

## 一、引言

以长江经济带发展推动经济高质量发展是国家的一项重大发展战略, 而实现长江流域绿色高质量发展是当前的重点任务<sup>[1]</sup>。创新是由高速发展转向高质量发展的核心要素, 随着创新范式的不断升级优化, 创新生态系统逐渐成为研究国家和区域发展的热点<sup>[2]</sup>。近年来, 长江经济带在引领创新发展的过程中也面临生态环境和区域发展不均衡等问题, 那么, 现阶段长江经济带区域创新生态系统安全状况如何? 创新生态的区位分布和发展变动趋势如何? “阶梯状”的空间区域差异分布发展趋势如何? 推动不同梯度区域创新生态系统绿色高质量发展的关键因子又是什么? 对上述问题的思考有助于更深层次了解长江经济带区域创新生态系统发展格局, 对科学制定相关政策、优化创新生态系统具有重要的理论与实践意义。

区域创新生态系统的理论最早可追溯到创新系统<sup>[3]</sup>研究, 随后相继出现了国家创新系统<sup>[4-5]</sup>、产业创新系统<sup>[6]</sup>、区域创新系统<sup>[7]</sup>等研究, 对可持续发展的思考以及生态学的渗入触发了创新生态的思考<sup>[8]</sup>, 创新生态系统的研究成为主流, 学者们分别从概念<sup>[9]</sup>、结构<sup>[10]</sup>、特性<sup>[11]</sup>等方面对其进行了解读。国内学者黄鲁成<sup>[12]</sup>最早提出将生态学理论运用于区域技术创新系统的研究中, 引发了对区域创新生态系统的研究热潮, 其能够较好地解释创新主体之间<sup>[13]</sup>、创新主体与创新环境之间<sup>[14]</sup>的协同演化关系, 是创新研究的重要理论和方法。区域创新生态系统是复杂的网络结构, “创新链接”是其生成和存在的基础, 创新链是核心部分<sup>[15]</sup>。创新链分为上中下游三个部分, 对应三种创新种群: 创新生产者、创新中介和创新消费者<sup>[16]</sup>。区域创新的生命力是网络化<sup>[17]</sup>, 只有创新主体与创新环境之间以及创新主体内部通过共生协调形成具有生态系统特征的网络化系统, 才是区域创新生态系统健康发展的基础<sup>[18]</sup>。在已有的研究中, 张小燕和李晓娣<sup>[19]</sup>指出, 区域创新生态系统是由各类创新生产者和消费者构成并实现动态平衡, 但忽视了创新环境的重要性。刘兵等<sup>[20]</sup>则认为, 区域创新就是人才的创新, 弱化了创新主体与创新环境的协同过程。因

<sup>1</sup>作者简介: 吴艳霞 (1964-), 女, 陕西西安人, 教授, 博士, 研究方向: 区域经济与生态;

李芳菲 (1996-), 女, 云南宣威人, 硕士研究生, 研究方向: 区域经济与生态;

陈步宇 (1996-), 男, 江苏南通人, 硕士研究生, 研究方向: 区域经济与生态。

基金项目: 陕西省社会科学基金项目“基于生态位视角的陕西区域创新生态系统安全测度及预警研究”(2020D044); 陕西省科技计划项目“生态位视角下陕西省区域创新生态系统安全预警体系研究”(2021KRM072)

此，本文借鉴刘钊等<sup>[18]</sup>对区域创新生态系统的概念解读，认为区域创新生态系统是在一定区域范围内，创新主体之间、创新主体与环境之间通过创新链形成共生协调发展的均衡系统。

随着对区域创新生态系统研究的深入，其安全性研究也越来越受到学者的关注。共生度作为衡量安全性的指标被广泛运用，学者通过创新要素之间的共生特质和共生演化过程衡量系统的互动和共生效应<sup>[21-22]</sup>。共生度达到一定的水平，系统将处于相对稳定的平衡状态，因此可基于结构平衡目标构建资源配置模型，探究资源的最优配置结果，用以说明系统的安全性<sup>[23]</sup>。资源的配置过程中异质性资源流动是关键环节，一部分研究通过构建区域创新生态系统动态演化模型，分析创新异质资源流通效率并以此判断系统的安全性<sup>[22,24]</sup>。然而，纵观现有安全性评估的文献，刘钊等<sup>[18]</sup>在研究过程中构建了可持续性指标用以说明经济发展对自然生态的影响，而其余大部分研究对指标的选取偏向于创新指标，对自然生态类指标鲜有提及。因此，本文为了更契合绿色高质量发展的内涵，对原有的指标选取标准进行创新，增加了部分自然生态类指标，以期更准确反映创新生态系统的安全性。

本文以长江经济带为例，基于 DPSIR 模型构建区域创新生态系统安全指标体系，运用 TOPSIS 生态位评估投影模型对区域创新生态系统安全性进行评估，利用进化动量模型计算子系统的进化空间并探究不安全因素产生的原因，依据研究结论提出适宜的对策建议。

## 二、研究设计

### （一）研究区概况

长江经济带（图 1）覆盖上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、云南、贵州等 11 省市，横跨中国东中西三大区域，人口和生产总值均超过全国的 40%，是我国的经济发展的核心地带，集文化、生态、区位优势于一体，创新资源丰富，高等院校和科研机构众多，是国家创新发展的中坚力量。



图 1 研究区概况

### （二）研究方法

#### 1. TOPSIS 生态位评估投影模型

生态位为种群在一定的区位条件、资源禀赋所组成的区域内所占据的位置<sup>[25]</sup>。随着生态学的不断扩充运用，社会科学领域

也沿用了生态位的概念。生态位评估模型以生态位理论为基础，考察现实生态位与正理想生态位的贴适度，被广泛应用于土地建设利用<sup>[26-27]</sup>、区域创新生态系统评价研究<sup>[18,28]</sup>等。随后部分学者在研究相关问题时综合考虑了正理想解与负理想解<sup>[29-30]</sup>，使测度结果更具客观性。因此，本文在相关研究的基础上<sup>[18,22,31]</sup>，综合 TOPSIS 矢量投影和生态位适宜度模型构建 TOPSIS 生态位评估投影模型，并对指标的选取进行改进，以期获得更真实可靠的评价结果。该模型构建的具体步骤如下：

(1) 数据标准化。假设一级指标为  $i=(1, 2, \dots, m)$ ，二级指标为  $j=(1, 2, \dots, n)$ ，时间序列为  $t=(1, 2, \dots, k)$ ，则第  $i$  个对象  $t$  时刻下的现实生态位为  $X_i(t)=(X_{i1}(t), X_{i2}(t), \dots, X_{in}(t))$ 。  $t$  时刻下，由  $m$  个评价对象的现实生态位矩阵为：

$$X(t) = \{x_{ij}(t)\}_{mn} = \begin{bmatrix} x_{11}(t) & \cdots & x_{1n}(t) \\ \vdots & & \vdots \\ x_{m1}(t) & \cdots & x_{mn}(t) \end{bmatrix} \quad (1)$$

对数据进行标准化处理，公式如下：

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}(t)}{\max_i x_{ij}(t) - \min_i x_{ij}(t)} \quad (2)$$

针对时刻  $t$ ，对标准化后的数据取最大值和最小值分别构成正、负理想生态位：

$$X^+(t) = \{x_{01}^+(t), \dots, x_{0n}^+(t)\},$$

$$x_{0j}^+(t) = \max_i (x'_{ij})(t) \quad (3)$$

$$X^-(t) = \{x_{01}^-(t), \dots, x_{0n}^-(t)\},$$

$$x_{0j}^-(t) = \min_i (x_{ij})(t) \quad (4)$$

(2) 权重的确定。本文采用熵权法对各生态因子赋权，步骤如下：

首先，计算各指标熵值，即

$$Y_{ij}(t) = \frac{x'_{ij}(t)}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}(t)} \quad (5)$$

$$e_j(t) = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m Y_{ij}(t) \ln [Y_{ij}(t)] \quad (6)$$

其中： $e_j$  为第  $j$  个指标的熵值； $Y_{ij}(t)$  为  $t$  时刻下第  $j$  个指标下第  $i$  个系统的特征比重，若  $Y_{ij}(t)=0$ ，记  $Y_{ij}(t) \ln [Y_{ij}(t)]=0$ 。

其次，计算评价指标权重，即

$$w_j(t) = \frac{1 - e_j(t)}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j(t))} \quad (7)$$

其中， $w_j$  为指标权重。

(3) 生态位加权关联度计算。设理想生态位为  $X^*(t) = \{X_{01}^*(t), \dots, X_{0n}^*(t)\}$ ，则现实生态位与理想生态位的关联系数为：

$$\rho_{ij}(t) = \frac{\min_j \min_i |x_{ij}^*(t) - x'_{ij}(t)| + \zeta \max_i \max_j |x_{ij}^*(t) - x'_{ij}(t)|}{|x_{ij}^*(t) - x'_{ij}(t)| + \zeta \max_i \max_j |x_{ij}^*(t) - x'_{ij}(t)|} \quad (8)$$

其中， $\zeta$  为模型参数，取值范围为[0-1]，本文取  $\zeta = 0.5$ 。

则现实生态位与正理想生态位的关联系数矩阵为：

$$E^+(t) = \{\rho_{ij}^+(t)\}_{mn} = \begin{bmatrix} \rho_{11}^+(t) & \cdots & \rho_{1n}^+(t) \\ \vdots & & \vdots \\ \rho_{m1}^+(t) & \cdots & \rho_{mn}^+(t) \end{bmatrix} \quad (9)$$

现实生态位与负理想生态位的关联系数矩阵为：

$$E^-(t) = \{\rho_{ij}^-(t)\}_{mn} = \begin{bmatrix} \rho_{11}^-(t) & \cdots & \rho_{1n}^-(t) \\ \vdots & & \vdots \\ \rho_{m1}^-(t) & \cdots & \rho_{mn}^-(t) \end{bmatrix} \quad (10)$$

结合各生态因子的权重，得现实生态位与正理想生态位的关联度矩阵为：

$$D^+(t) = \{\rho_{ij}^+(t) w_j(t)\}_{mn} = \begin{bmatrix} \rho_{11}^+(t) w_1(t) & \cdots & \rho_{1n}^+(t) w_n(t) \\ \vdots & & \vdots \\ \rho_{m1}^+(t) w_1(t) & \cdots & \rho_{mn}^+(t) w_n(t) \end{bmatrix} \quad (11)$$

现实生态位与正理想生态位的关联度矩阵为：

$$D^-(t) = \{\rho_{ij}^-(t)\}_{mn} = \begin{bmatrix} \rho_{11}^-(t)w_1(t) & \cdots & \rho_{1n}^-(t)w_n(t) \\ \vdots & & \vdots \\ \rho_{m1}^-(t)w_1(t) & \cdots & \rho_{mn}^-(t)w_n(t) \end{bmatrix} \quad (12)$$

(4) 生态位相对贴适度计算。设第  $i$  个评价对象的现实生态位关联度为：

$$a_i(t) = (\rho_{i1}(t)w_1(t), \cdots, \rho_{in}(t)w_n(t)) \quad (13)$$

理想生态位关联度为：

$$a_i^*(t) = (w_1(t), \cdots, w_n(t)) \quad (14)$$

假设两者之间的夹角为  $\theta_i(t)$ ，则两向量夹角的余弦为：

$$\cos\theta_i(t) = \frac{a_i(t) \cdot a_i^*(t)}{\|a_i(t)\| \times \|a_i^*(t)\|} \quad (15)$$

则现实生态位关联度在理想生态位关联度上的投影为：

$$p_i(t) = \|a_i(t)\| \cos\theta_i(t) = \frac{a_i(t) \cdot a_i^*(t)}{\|a_i^*(t)\|} = \sum_{j=1}^n \rho_{ij}(t) \frac{w_j^2(t)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n w_j^2(t)}} \quad (16)$$

正现实生态位关联度在理想生态位关联度上的投影为：

$$p_i^+(t) = \sum_{j=1}^n \rho_{ij}^+(t) \frac{w_j^2(t)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n w_j^2(t)}} \quad (17)$$

负现实生态位关联度在理想生态位关联度上的投影为：

$$p_i^-(t) = \sum_{j=1}^n \rho_{ij}^-(t) \frac{w_j^2(t)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n w_j^2(t)}} \quad (18)$$

得第  $i$  个子系统的生态位贴度为:

$$P_i(t) = \frac{P_i^{+2}(t)}{P_i^{+2}(t) + P_i^{-2}(t)} \quad (19)$$

则创新生态系统生态位贴度 (安全性评估值) 为:

$$p(t) = \left( \sum_{i=1}^m p_i(t) \right) / m \quad (20)$$

由 (20) 式可知,  $p(t)$  的取值范围为  $[0-1]$ ,  $p(t)$  的值越大, 区域创新生态系统现实生态位越接近正理想生态位, 说明区域内创新要素活跃, 创新主体与创新环境协调发展程度高, 系统的安全状况越好。

(5) 计算进化动量 EM。计算公式为:

$$EM_i = \sqrt{\frac{x'_y(t) - X^+(t)}{n}} \quad (21)$$

进化动量体现的是评价对象生态位贴度的进化空间, 进化动量越大, 表明现实生态位距离正理想生态位的距离越远, 趋适作用越强, 评价对象的进化潜力越大<sup>[32]</sup>。

## 2. 指标体系模型构建及指标筛选

(1) 指标体系模型的构建。依据研究对象及研究侧重点的不同, 指标体系的选择呈现多样化: 以共生性为基础, 基于共生特性建立指标体系<sup>[33]</sup>; 注重创新要素, 以创新资源、创新群落、创新环境等测度目标选取评价指标<sup>[34-35]</sup>; 基于系统特性, 以开放性、成长性、可持续性<sup>[18]</sup>、稳定性<sup>[35]</sup>构建指标体系等。本文在相关研究的基础上, 综合生态安全指标体系的构建方法<sup>[36-38]</sup>, 基于 DPSIR (驱动力、压力、状态和响应) 模型构建区域创新生态系统指标体系, 建立驱动力系统、压力系统和响应系统三大子系统, 如图 2 所示。

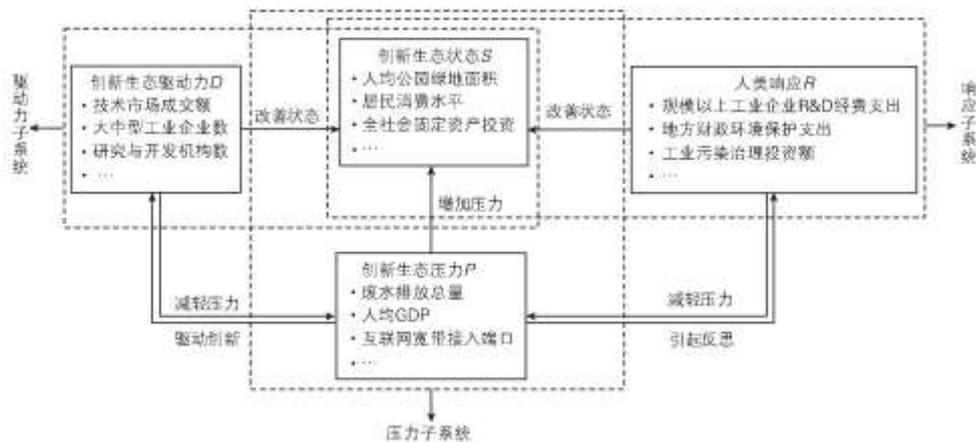


图 2 安全指标体系模型

图 2 中，驱动力子系统由创新生态驱动力 D 和创新生态状态 S 构成，是创新生态系统的动力源，激发创新活力。压力子系统由创新生态压力 P 和创新生态状态 S 构成，包含社会经济压力、自然生态压力和环境压力。响应子系统由人类响应 R 和创新生态状态 S 构成，主要反映人类为了促进区域创新生态健康发展，增强创新活力，改善自然生态所做出的积极响应。

(2) 指标的筛选。指标的选取过程应遵循科学性、可靠性和全面性等原则，参考刘钊等<sup>[18]</sup>、李晓娣和张小燕<sup>[21]</sup>、武翠和谭清美<sup>[16]</sup>、吴艳霞等<sup>[36]</sup>、吴晓波等<sup>[39]</sup>的研究。

### 三、实证分析

#### (一) 数据来源

本文以长江经济带为例，选取 2009—2018 年相关指标进行测算，指标数据来源于各省市统计年鉴及统计公报、中国统计年鉴、中国科技统计年鉴等，对于部分缺失的数据，运用公式进行计算或者通过滑动平均法得出，并根据熵权法对指标进行赋权，结果如图 3 所示。

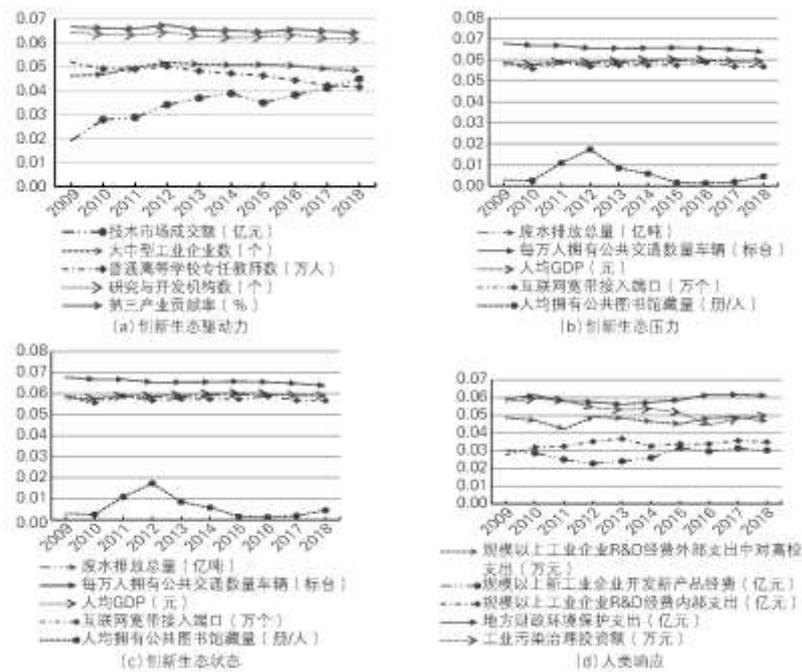


图 3 DPSIR 模型指标体系权重

对区域创新生态系统内涵的全面了解是进行安全性评价指标选择的前提条件，创新生态系统是对创新系统的改进，更具备动态性和可持续性等功能<sup>[40]</sup>。因此，研究区域创新生态系统，指标的选取应适度考虑自然生态类指标以体现可持续性发展，且吻合国家强调的绿色高质量发展。本文所选指标中，自然生态类指标占比仅为 25%，分别为第三产业贡献率、废水排放量、人均公园绿地面积、地方财政环境保护支出、工业污染治理投资额，但所占权重都比较大，如图 3 所示，上述 5 类指标在所处的分类中所占权重都位列第一或者第二，说明该类指标对研究内容的重要性，也支撑了本文对指标体系选取方法的改进。

## （二）长江经济带区域创新生态系统安全状况评价结果分析

### 1. 总体概况

通过对长江经济带区域创新生态系统 2009—2018 年的安全状况进行实证分析，得到创新生态安全评估值。在与李晓娣等<sup>[22]</sup> 对全国区域创新生态系统发展预测的研究对比中发现，本文的评价结果整体上下降了 0.1 个百分点，究其原因主要在于评价指标的选取，本文考虑了自然生态类指标，表明创新发展过程中对自然生态的破坏程度，从而使安全性评估值偏低，但总体概况和空间差异分布呈相同变化趋势。

长江经济带区域创新生态系统安全状况总体上呈缓慢上升的趋势，其安全评估值由 2009 年的 0.234 上升至 2014 年的 0.238，并于 2018 年保持在 0.233，期间波动的频率较小。长江经济带横跨我国东中西部三大区域，跨长江下中上游区域，区域创新生态系统安全状况存在显著差异：下游地区明显优于中上游地区，中游地区略优于上游地区，呈现由下游到上游“阶梯状”递减趋势。中国区域经济发展不协调是固有问题，东部地区依靠先天的要素禀赋形成高附加值的比较优势领跑全国经济发展，为缓解发展差距过大的问题，国家先后提出了西部大开发、中部崛起等区域发展战略，中国的经济发展格局出现新的变化<sup>[41]</sup>。由图 4 可以看出，长江经济带下游地区和中上游地区的差异呈缓慢缩小趋势，但效果并不明显。下游地区依靠有效的资源配置和创新禀赋引领区域创新发展，其安全性评价指数均值在 0.4 上下波动。然而纵观中上游地区，虽有国家政策扶持，但缺乏创新活力，安全性评价指标均值仅仅在 0.2~0.15 之间波动，不及下游地区的 50%。从发展趋势上看，长江经济带区域创新生态系统安全发展具有明显的区域异质性：下游地区在近十年的发展过程中呈下降趋势，而中上游地区呈上升趋势。究其原因主要为中国区域发展正在经历着发展差距变化的“倒 U”型曲线，处于发展差距逐渐缩小的阶段<sup>[42]</sup>。根据梯度转移理论，在这一阶段，处于高梯度地区的省市经历了要素集聚和产业成熟，正转向由要素扩散向产业升级发展；而处于低梯度地区的省市经历了要素流失和发展迟缓，正转向技术吸收，进而达到高速发展<sup>[43]</sup>。目前中上游地区和下游地区分别处于技术吸收和要素扩散阶段，一方面对于下游发达地区，人才、资本、技术的集聚达到顶峰，传统的共生要素“红利”逐渐减弱<sup>[22]</sup>，创新发展进化空间逐渐弱化；另一方面，随着国家对区域均衡和协调发展的重视，加速了下游高梯度地区溢出的要素资源流向中上游低梯度地区，并且中上游地区通过学习创新形成较高附加值的比较优势，可以更有效地吸引创新人才和要素。梯度转移过程的本质是要素在空间范围的再配置<sup>[43]</sup>，难度大、耗时长，因此，现阶段长江经济带不同梯度间仍具有势能鸿沟，今后的发展中应加强科学的政策指导，强化市场机制作用，推进梯度转移，实现区域均衡发展。

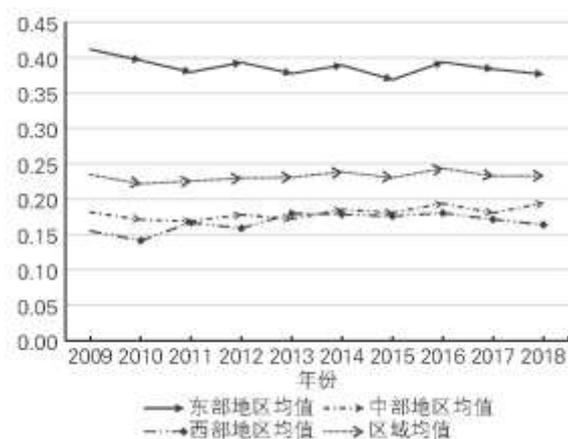


图 4 长江经济带区域创新生态系统安全发展概况

### 2. 各子系统发展概况分析

为了更深入分析长江经济带区域创新生态系统安全发展状况，厘清各子系统对创新发展的影响程度以及系统间的相互作用关系，本文绘制了驱动子系统、压力子系统和响应子系统近 10 年间各省市的安全性评估值趋势图，如图 5 所示。

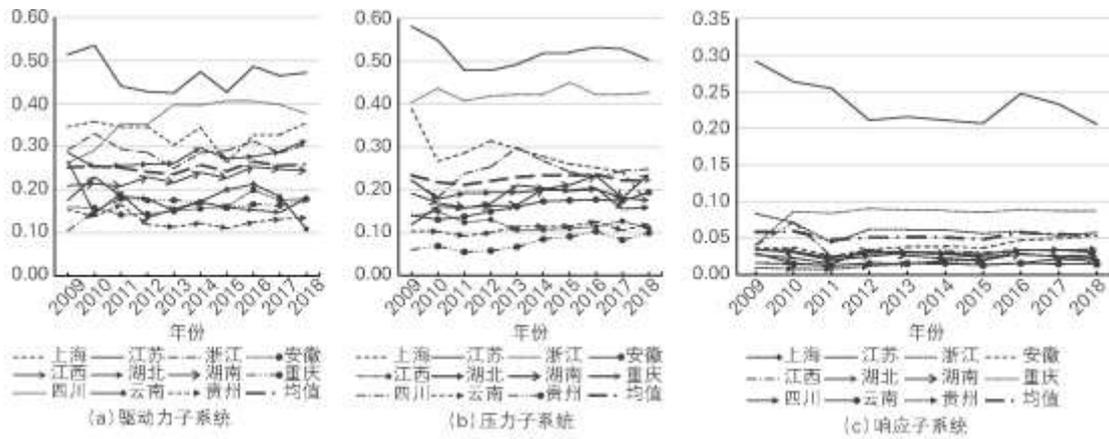


图 5 三大子系统发展趋势

驱动力子系统方面（图 5a），下游地区的上海和江苏以及上游地区的四川处于领先地位，浙江、湖北、湖南三省次之，安徽、江西、重庆、云南、贵州处于低水平阶段。由此看出，创新驱动要素集聚现象仍然具有区域异质性，存在着明显的由下游向上游递减的趋势。且与整体均值作比较，下游地区和大部分中游地区位于平均值以上，而上游地区则大部分位于平均值以下，进一步体现了这种空间差异性。但在发展的过程中，下游地区呈现下降趋势，中游地区呈现上升趋势，而上游地区则保持相对平稳的状态。2009—2018 年，地区间的差异逐渐减小，这主要得益于近年国家对中西部发展政策支持力度的加大，技术、资金和人才等要素资源的不断输入，增强了该区域的创新驱动发展。且中游地区凭借有利的区位因素，更多地接收了下游地区溢出的创新要素，驱动力发展速度更为明显。

压力子系统方面（图 5b），下游地区的上海、江苏、浙江处于领先地位，中游地区的湖北、湖南和上游地区的四川、重庆次之，中游地区的安徽、江西和上游地区的云南、贵州处于低水平阶段。与驱动力子系统类似，压力要素承载力也呈“阶梯状”递减趋势，但这种递减趋势相对弱化了，具体体现为与均值做比较时，下游地区都位于平均值以上，而中上游地区都位于平均值以下，空间非均衡性的现象加重。下游高梯度地区依靠其雄厚的产业基础和活跃的科技金融环境能积极有效应对各种压力因素，而中上游低梯度地区由于经济基础薄弱，且囿于技术落后和创新资源匮乏，在应对压力因素时出现疲软甚至懈怠的现象，因此出现了上述“断崖式”的现象。但从发展趋势上看这种现象得到逐渐改善：下游地区呈现小幅度的下降趋势，而中上游地区的上升趋势比较明显。

响应子系统方面（图 5c），分化现象更为严重，江苏一枝独秀，位于高水平阶段，但下降趋势比较明显。剩余省份差别不大，安全性评估值在 0~0.1 之间波动，且发展趋势较为平缓。

江苏是长江经济带区域创新生态系统安全性评估值唯一一个超过 0.5 的省份，处于高水平阶段。同处于下游地区的上海和浙江则在 0.3 上下波动，剩余省份则低于区域均值，差异明显。综合上述分析，同样位于高梯度地区，江苏区域创新生态系统安全状态优于上海和浙江两省市的原因在于江苏的驱动力子系统、压力子系统和响应子系统安全性评估值都位列第一，其在创新发展过程中，注重全方位协调发展。反观四川，其驱动力子系统处于领先水平，但压力子系统和响应子系统与其不匹配，产业升级进程缓慢，压力增长带来的负面效应超过了驱动力带来的提升效应<sup>[36]</sup>，使四川创新生态系统安全状况没有得到有效改善。上海作为首批沿海开放城市、国际金融中心，其优势却并不显著，主要原因是其响应子系统发展滞后，排名几乎处于末尾的阶段。上海经济发展秉承“拿来主义”，凭借集聚效应可短期吸引创新人才和企业<sup>[44]</sup>，但由于对本土创新能力培育缺乏积极响应，

创新增长后期乏力。而对于中上游绝大部分省份来说，三大子系统都处于低水平阶段，创新要素匮乏、创新活力低迷，因此东部地区在优良的创新环境作用下促使创新资源“用脚投票”，“马太效应”得到提升<sup>[22]</sup>，使区域创新生态发展受阻。

### 3. 进化空间预测分析

在对现阶段长江经济带区域创新生态系统安全状况进行分析之后，本文采用进化动量模型探究该区域各子系统的进化空间，结果如图 6 所示。

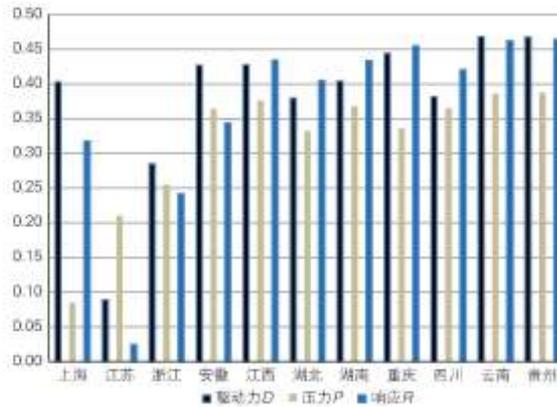


图 6 三大子系统进化空间

从图 6 可以看出，长江经济带中上游地区三大子系统的进化动量值 EM 都比较高，说明该流域省份各子系统协调程度低，进化空间大，都需要得到相应的优化提升。其中云南和贵州两省的“优势”更为明显，三大子系统进化动量值都处于领先地位：驱动力子系统和响应子系统均超过 0.45，压力子系统超过 0.35，为区域内最小值的 3 倍之多。长江经济带在发展过程中逐渐由苏浙沪“单轮驱动”演变为与川渝一起构成“双轮驱动”发展<sup>[44]</sup>，但由于云南和贵州两省处于长江经济带的边疆及贫困连绵带，“空间临近效应”和辐射带动效应薄弱，加之资源要素匮乏，创新发展缓慢。因此，在今后发展过程中，云贵两省应重视驱动力因子和响应因子的投入，同时国家应给予更多政策倾向，提供技术、资金、人才等支撑要素。处于中转枢纽作用的中游地区，虽凭借地理区位优势受到下游区域的辐射带动作用，但也导致其响应子系统发展缓慢，对应 EM 值处于较高水平，后期应进行着重改善。对于安全性较好的下游省份，驱动力子系统的 EM 值都相对较小，江苏省达到最低值 0.089，其依靠自身的中心集聚效应便可满足驱动力创新发展。压力子系统方面，江苏和浙江处于较高值，这是由于中国正由高速发展转向高质量发展，根据“后发优势”理论<sup>[43]</sup>，苏浙两省要完成这一转变对创新有较高的要求，而随着两省极化效应减弱<sup>[42]</sup>，创新压力要素骤增，因此需着重改善压力因子。上海响应子系统的 EM 值最高，这是由于上海缺乏本土创新能力，盛行“拿来主义”，因此要改变上海经济繁荣而创新生态系统安全性低的现状，必须改善响应生态因子，对创新型企业给予政策优惠，加大教育科研支出，着重培养本土创新能力。

## 四、结论与启示

### (一) 结论

长江经济带贯穿我国东中西部，区域格局是全国总体格局的缩影，在推进全国高质量发展过程中具有重要的战略地位。因此，本文基于 TOPSIS 生态位评估投影模型对 2009—2018 年长江经济带区域创新生态系统安全性进行评估，结合进化动量模型分析未来发展趋势，并探析不安全因素产生的原因。主要研究结论如下：

(1) 长江经济带区域创新生态系统安全发展呈趋好态势，但不均衡现象仍然存在，呈“阶梯状”递减趋势，具体表现为下游地区发展水平高，中游地区次之，上游地区最差。随着对均衡性发展的重视，导致长江经济带下游区域极化效应弱化以及中上游区域崛起，区域间创新发展的异质性逐渐减弱，不均衡现象随着时间推移得到小幅度缓解。

(2) 区域创新生态系统健康发展必须依靠三大子系统的相互协调配合，发展过程中对任何一个子系统的忽视都会阻碍区域创新生态系统安全性的提升。

(3) 在未来的发展过程中，长江经济带中上下游地区创新生态系统进化空间的侧重点各不相同。针对发展状况较好的下游区域，着力点在压力子系统的完善；针对发展中等的中游地区，在提升驱动力要素因子的同时强化响应子系统的作用；针对发展落后的上游地区，驱动力要素是关键因子。

## (二) 启示

(1) 推动区域均衡发展，促进梯度转移，合理配置创新资源，使长江经济带区域创新生态系统持续、健康发展。随着近十年的发展，长江经济带区域创新生态系统整体水平有所提升，地区间的差异有所缓解，但效果并不明显，下游与中上游间“断崖式”的差异问题仍然严重，难以满足协调发展的要求。对于江西、云南和贵州等中上游创新要素集聚度低的省，地方政府应出台对应的优惠政策以吸引相关科技人才和大型企业进驻，增强创新活力。其次，加强上中下游联合开发、科技人才联合培养等区际联系，构造众创空间等研发平台，强化科技成果转移和辐射效果，推动地区间空间关联与协同发展。

(2) 兼顾三大子系统发展步伐，促进区域创新生态系统健康发展。在区域创新生态系统发展过程中，既需要诸如研究与开发机构数、大中型工业企业数等驱动力要素生产并转化创新成果，也需要废水排放总量、互联网宽带接入端口等压力要素警示人们关注自然生态，强化创新基础设施建设。同时，当系统发展停滞不前时，则需要相关政策的介入，针对已有研究中自然生态类创新要素指标的缺失问题，可以借鉴美国税收减免绿色技术研发激励政策，加大创新环保资本投入。

## 参考文献:

- [1] 曾群. 以长江经济带发展推动经济高质量发展——《长江经济带高质量发展研究丛书》评价[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(9): 2111-2112.
- [2] GOBBLE M A M. Charting the Innovation Ecosystem[J]. Research-Technology Management, 2014, 57(4): 55-59.
- [3] LUNDVALL B A. Product Innovation and User-Producer Interaction[M]. Aalborg: Aalborg University Press, 1985.
- [4] FREEMAN C. Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan[M]. London: Frances Pinter, 1987.
- [5] NELSON R R. National Systems of Innovation: A Comparative Analysis[M]. Oxford: Oxford University Press, 1993.
- [6] MALERBA F. Sectoral Systems of Innovation and Production[J]. Research Policy, 2002, 31(2): 247-264.
- [7] PHILIP C. Regional Innovation Systems: Competitive Regulation in the New Europe[J]. Geoforum, 1992, 23(3): 365-382.
- [8] 安纳利·萨克森宁. 硅谷优势[M]. 曹蓬, 杨宇光, 译. 上海: 上海远东出版社, 2000.

- 
- [9]ADNER R. Match Your Innovation Strategy to Your Innovation Ecosystem[J]. Harvard Business Review, 2006, 84(4) : 98-107, 148.
- [10]CARAYANNIS E G, CAMPBELL D F J. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate to Each Other: A Pro-posed Framework for a Trans-disciplinary Analysis of Sustainable Development and Social Ecology[J]. International Journal of Social Ecology and Sustainable Development, 2010, 1(1) : 41-69.
- [11]WESSNER C W. An Overview of the United States Innovation System[EB/OL]. (2012-11-25) [2020-11-10]. <http://siteresources.worldbank.org/EXTECAREGTOP-KNOECO/Resources/CWessner.ppt>.
- [12]黄鲁成. 区域技术创新系统研究: 生态学的思考[J]. 科学学研究, 2003(2) : 215-219.
- [13]VEPSALAINEN S, KOIVISTO H, PEKKARINEN E, et al. Anthocyanin-enriched Bilberry and Blackcurrant Extracts Modulate Amyloid Precursor Protein Processing and Alleviate Behavioral Abnormalities in the APP/PS1 Mouse Model of Alzheimer's Disease[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2013, 24(1) : 360-370.
- [14]LI J B, ZHANG R. Summary of Regional Innovation Ecosystem Research[C]. Dali: 6th International Conference on Energy Science and Chemical Engineering, 2020.
- [15]张敏, 段进军. 区域创新生态系统: 生成的合理性逻辑与实现路径[J]. 管理现代化, 2018, 38(1) : 36-38.
- [16]武翠, 谭清美. 长三角一体化区域创新生态系统动态演化研究——基于创新种群异质性与共生性视角[J]. 科技进步与对策, 2020(11) : 1-10.
- [17]孙艳艳, 苗润莲, 李梅, 等. 京津冀创新生态系统资源整合模式、路径和机制研究[J]. 中国科技论坛, 2020(6) : 112-122.
- [18]刘钊, 张君宇, 邓明亮. 基于改进生态位适宜度模型的区域创新生态系统健康评价研究[J]. 科技管理研究, 2019, 39(16) : 1-10.
- [19]张小燕, 李晓娣. 我国区域创新生态系统共生性分类评价[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(12) : 126-135.
- [20]刘兵, 赵雪, 梁林, 等. 区域创新生态系统与人才配置协同演化路径研究——以京津冀地区为例[J]. 科技管理研究, 2019, 39(10) : 46-54.
- [21]李晓娣, 张小燕. 区域创新生态系统共生对地区科技创新影响研究[J]. 科学学研究, 2019, 37(5) : 909-918, 939.
- [22]李晓娣, 张小燕, 尹士. 共生视角下我国区域创新生态系统发展观测——基于 TOPSIS 生态位评估投影模型的时空特征分析[J]. 运筹与管理, 2020, 29(6) : 198-209.
- [23]王宏起, 刘梦, 李玥, 等. 结构平衡目标下区域战略性新兴产业创新生态系统科技资源配置模型[J]. 中国科技论坛, 2018(11) : 35-43.

- 
- [24]刘启雷, 郭鹏, 张鹏, 等. 在华外资研发与区域自主创新的生态共演研究[J]. 科学学研究, 2018, 36(6):1058-1069.
- [25]张丽萍. 从生态位到技术生态位[J]. 科学学与科学技术管理, 2002(3):23-25.
- [26]丁宁, 金晓斌, 汤小槽, 等. 生态位适宜度变权法在高速铁路临时用地复垦适宜性评价中的应用——以京沪高铁常州段典型制梁场为例[J]. 资源科学, 2010, 32(12):2349-2355.
- [27]杜建平, 邵景安, 周春蓉, 等. 基于生态适宜度和三角模型的煤矿临时建设用地复垦决策研究[J]. 自然资源学报, 2018, 33(11):1872-1885.
- [28]郭燕青, 姚远, 徐菁鸿. 基于生态位适宜度的创新生态系统评价模型[J]. 统计与决策, 2015(15):13-16.
- [29]李红, 智硕楠. 新常态下中国能源安全动态研究——基于灰色关联 TOPSIS 模型[J]. 生态经济, 2020, 36(8):57-62, 87.
- [30]南开辉, 方向, 翟晓萌, 等. 电网侧储能项目管理模式选择——基于 IFS 与 TOPSIS 灰色关联投影法的实证分析[J]. 科技管理研究, 2020, 40(12):205-210.
- [31]朱芳阳, 贾清显, 谭保华. 物流产业生态位适宜度测度模型及其动态耦合演化[J]. 科技管理研究, 2019, 39(1):217-224.
- [32]李文龙, 李自珍. 作物生态位构建的模型及其进化惯量与动量的试验研究[J]. 地球科学进展, 2002(3):446-451.
- [33]李晓娣, 张小燕. 我国区域创新生态系统共生及其进化研究——基于共生度模型、融合速度特征进化动量模型的实证分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2019, 40(4):48-64.
- [34]覃荔荔, 王道平, 周超. 综合生态位适宜度在区域创新系统可持续性评价中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(5):927-935.
- [35]王宏起, 刘梦, 武川, 等. 区域战略性新兴产业创新生态系统稳定水平评价研究[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(12):118-125.
- [36]吴艳霞, 罗恒, 梁志康. 长江经济带生态安全测度研究[J]. 生态学报, 2020, 40(19):6761-6775.
- [37]郑秋霞, 匡耀求, 黄宁生, 等. 广东省旅游生态安全时空测度及障碍因子诊断[J]. 水土保持研究, 2017, 24(5):252-258.
- [38]姜钰, 蔡秀亭. 中国森林生态安全动态测度及空间收敛性分析[J]. 统计与决策, 2019, 35(2):91-95.
- [39]吴晓波, 李思涵, 徐宁, 等. 数字经济背景下浙江省创新型经济发展评价及赋能对策研究——基于 2014-2017 年六省市的对比分析[J]. 科技管理研究, 2020, 40(13):157-164.
- [40]汤临佳, 郑伟伟, 池仁勇. 创新生态系统的理论演进与热点前沿: 一项文献计量分析研究[J]. 技术经济, 2020, 39(7):1-9, 26.
- [41]潘文卿. 中国的区域关联与经济生长的空间溢出效应[J]. 经济研究, 2012, 47(1):54-65.

---

[42]樊杰, 王亚飞, 梁博. 中国区域发展格局演变过程与调控[J]. 地理学报, 2019, 74(12):2437-2454.

[43]黄蕊, 张肃. 梯度转移理论下我国区域创新极化效应与扩散效应的非对称性影响研究[J]. 商业经济与管理, 2019(12):88-97.

[44]潘越, 翁钢民, 盛开, 等. 长江经济带“旅游+”复合系统协同发展的时空演化特征与空间差异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(9):1897-1909.