

基于蒙特卡洛模拟的西部地区省域经济联系空间特征研究

颜镜竹¹, 彭 扬¹, 施朝行², 郝铭瑶¹, 钟森洁¹

¹重庆科技大学数理科学学院, 重庆

²西南大学国家治理学院, 重庆

收稿日期: 2026年5月25日; 录用日期: 2026年8月18日; 发布日期: 2026年8月27日

摘 要

为平衡西部地区内部发展, 本文从经济联系入手, 通过蒙特卡洛模拟预测西部地区12个省域2026年经济联系的空间特征。先将2024年真实数据与蒙特卡洛模拟数据对比, 进行稳健性检验判断蒙特卡洛方法的可行性, 再运用引力模型和社会网络分析等方法, 揭示蒙特卡洛预测的2026年西部地区省域经济联系空间特征。结果表明: 蒙特卡洛方法具有较好的预测性; 西部地区各经济联系强度、首选地等存在差异; 经济联系网络呈现出稳定而显著的核心-边缘特征; 尚未形成联系紧密的区域性子群, 反映出西部地区经济一体化程度较低, 省域间经济联动不足, 具有典型的省域经济特征。

关键词

蒙特卡洛模拟, 西部地区, 经济联系, 引力模型, 社会网络分析

Study on the Spatial Characteristics of Provincial Economic Ties in the Western Region Based on Monte Carlo Simulation

Jingzhu Yan¹, Yang Peng¹, Chaohang Shi², Mingyao Hao¹, Senjie Zhong¹

¹School of Mathematical and Physical Sciences, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

²College of State Governance, Southwest University, Chongqing

Received: May 25, 2026; accepted: August 18, 2026; published: August 27, 2026

Abstract

In order to balance the internal development of the western region, this paper starts from

文章引用: 颜镜竹, 彭扬, 施朝行, 郝铭瑶, 钟森洁. 基于蒙特卡洛模拟的西部地区省域经济联系空间特征研究[J]. 地理科学研究, 2026, 15(4): 700-710. DOI: 10.12677/gser.2026.154063

economic ties and predicts the spatial characteristics of economic ties in 12 provinces in the western region in 2026 through Monte Carlo simulation. First, the real data in 2024 is compared with the Monte Carlo simulation data, the robustness test is carried out to judge the feasibility of the Monte Carlo method, and then the gravitational model and social network analysis are used to reveal the spatial characteristics of provincial economic ties in the western region predicted by Monte Carlo in 2026. The results show that the Monte Carlo method has good predictiveness. There are differences in the intensity of economic ties and preferred locations in the western region. The economic connection network presents stable and significant core-edge characteristics. The regional subgroup has not yet formed a close connection, reflecting the low degree of economic integration in the western region, the lack of economic linkage between provinces, and the typical provincial economic characteristics.

Keywords

Monte Carlo Simulation, Western Region, Economic Ties, Gravitational Model, Social Network Analysis

Copyright © 2026 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

在“十五五”规划前瞻与新时代西部大开发战略引领下，“东数西算”等重大工程落地，西部地区已跃升为国家能源安全与产业链韧性的战略回旋空间和培育新质生产力的重要试验田。在这一战略位势显著提升的同时，西部地区内部发展不平衡问题依然突出。省域间经济联系不仅是要素流动的载体，更是破解不平衡格局的关键切入点。通过深入刻画省域经济联系的空间特征，精准识别制约协同发展的堵点与短板，从而依托成渝地区双城经济圈的核心引擎辐射作用，探索西部地区内部协调发展新路径，推动区域经济走向高质量、可持续发展。基于此，本文运用蒙特卡洛方法对西部地区省域经济联系的空间特征进行研究，旨在为优化和提升西部地区经济发展水平提供价值参考。

经济联系的研究由来已久，很多学者在这方面取得了丰富的研究成果，其中引力模型和社会网络分析是主流分析方法。国外对于经济联系的研究最早开始于 19 世纪，国内对经济联系的研究起步较晚。1980 年以来，越来越多学者提出发展横向经济联系，开始出现有关经济联系的实证分析并逐步发展。对于经济联系的研究范围也逐渐细化和扩大，既有以省域为对象的宏观分析，也有聚焦市县级别的微观探讨[1]-[9]。已有研究从多尺度揭示了区域经济联系的空间格局与网络特征，但多基于确定性引力模型测度的联系强度，难以充分刻画经济联系中存在的随机扰动与不确定性[1]-[11]。现实中受多种因素影响，使得经济联系强度并非固定值，而是一个具有概率特征的随机变量。蒙特卡洛方法的核心思想是利用大量随机抽样和统计来解决问题，能够有效处理这种不确定性[12]。其在风险分析等领域展现其优势，但在区域经济空间网络预测中应用并不广泛。将其引入经济联系分析，可为西部地区复杂环境下的经济联系特征识别提供更可靠的方法支撑。

本文以我国西部地区为研究对象，尝试通过蒙特卡洛方法模拟西部各省域 2024 年相关经济数据，通过引力模型测度经济联系强度并与实际观测值进行对比，检验蒙特卡洛方法在经济联系预测中的可行性与准确性。在验证方法有效的基础上，进一步预测 2025 年和 2026 年西部各省域经济联系强度，根据 2026

年模拟数据提取西部地区经济联系空间特征，为区域协调发展提供参考，对加强西部地区经济联系、促进西部地区高质量发展等方面具有理论和实践意义。

2. 研究方法 with 数据来源

2.1. 研究方法

2.1.1. 蒙特卡洛模拟

蒙特卡洛模拟是以概率论和数理统计学为基础的不确定性数值模拟方法，其基本思想为根据研究问题的数理性质建立概率分布模型，对目标参数进行多次重复的随机抽样，模拟运算过程并进行统计，当随机次数达到一定量时，可以将模拟运算的统计量期望值作为问题结论，其模拟程序和算法原理简单，收敛速度不受研究问题维度高低的影响，适应性较强[12]。权重的多次随机抽样避免了人为设置权重与单一权重赋值，模拟结果的统计特征可以量化因指标权重设置差异而导致的评价结果的不确定性[13]。公式如下：

$$Y_x^{(b)} = \hat{Y}_x + \hat{\varepsilon}_{I_b} \quad (1)$$

其中， $\hat{Y}_x$ 是由线性回归模型得到的 x 年的预测值， $\{\hat{\varepsilon}_1, \hat{\varepsilon}_2, \dots, \hat{\varepsilon}_n\}$ 为历史年份的残差集合， I_b 是从 $\{1, 2, \dots, n\}$ 中有放回地均匀随机抽取的索引， b 为模拟次数。

2.1.2. 引力模型

引力模型是应用广泛的空间交互作用模型，是测算省域经济联系的常用模型。由于研究者测算的目的不同，选取的指标不同，需要对模型进行一些修正，其相关表达式为：

$$F_{ij} = k_{ij} \cdot \frac{\sqrt[3]{S_i P_i V_i} \sqrt[3]{S_j P_j V_j}}{D_{ij}^2} \quad (2)$$

$$k_{ij} = \frac{V_i}{V_i + V_j} \quad (3)$$

$$F_i = \sum_{j=1}^n F_{ij} \quad (4)$$

$$I_i = \frac{F_{ij}}{F_i} \quad (5)$$

其中， P_i 为 i 省域人口数量； V_i 为 i 省域 GDP； S_i 为 i 省域的建成区面积； D_{ij} 为 i 、 j 两省间最短交通里程； k_{ij} 为经验常数，表示省域间经济联系相互作用的对等关系，但现实生活中省域间的经济联系通常存在不对等性，需要对经验常数进行修正，可采用 GDP 比重来反映自身对其他省域的影响[2]； F_{ij} 表示省域间的空间相互作用量，反应了省域间的经济联系强弱程度； F_i 为各省域经济联系量的总和，反映经济联系的疏密程度； I_i 为 i 省域经济联系的隶属度，反映 i 省域经济联系的主要方向。

2.1.3. 社会网络分析

社会网络分析方法的基础和核心是确立“关系”，它以图论、数理模型等方式描述社会行动者之间的位置(节点)和关系(连线)，并研究网络中的社会关系对行动者的影响[14]。可以从其网络密度和网络中心度等方面加以分析。

1) 网络密度

在本文中网络密度可以用来衡量西部地区各省域经济联系的紧密程度，网络密度值越接近于 1 说明

密度越高，省域间经济联系越紧密。公式如下：

$$D = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k d(n_i, n_j)}{\{k(k-1)\}} \quad (6)$$

其中， D 为网络密度； k 为西部地区省域数量； $d(n_i, n_j)$ 为 i 、 j 省域间的关系量。

2) 网络中心度

本文采用点度中心度来测算西部地区各省域的中心地位，并用其点入度与点出度来分别表示各省域的集聚与辐射能力。点度中心度计算公式如下：

$$C_D(n_i) = \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (7)$$

其中， $C_D(n_i)$ 为点度中心度； X_{ij} 为 i 、 j 省域间联系强度，本文取用经济联系强度。

2.1.4. 莫兰指数分析

莫兰指数是空间统计学中的核心指标，用于定量测量和检验地理现象的空间自相关性。相关公式如下：

$$\text{Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (8)$$

$$\text{Global Moran's } I = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2} \quad (9)$$

其中， n 是西部地区省域个数； w_{ij} 是空间权重矩阵； x_i 为 i 省域的经济联系强度， $\bar{x}$ 为经济联系强度均值； S^2 是经济联系强度的方差。

2.2. 数据来源

本文将我国西部地区共 12 个省域作为研究省域经济联系空间特征的基本地理单元，其中各省域的人口数量、GDP 以及建成区面积数据来源于中国统计出版社 2019 年至 2025 年出版的《中国统计年鉴》，地区间的最短交通里程来自百度地图所测度的最短交通路线距离。

3. 实证分析

蒙特卡洛方法是一种通过重复随机抽样来获得数值结果的统计模拟方法，其核心是利用随机数来解决确定性或随机性的计算问题。在本研究中，传统的确定性模型无法评估这些不确定性对最终经济联系网络结构的综合影响；省域经济联系强度的输入参数存在测量误差、统计偏差或未来发展的不确定性。因此选用蒙特卡洛方法预测数据，通过相关方法揭示西部地区 2025 年省域经济联系空间特征。

3.1. 蒙特卡洛方法稳健性检验

基于 2018~2023 年西部地区相关经济联系数据，采用蒙特卡洛方法预测 2024 年相关数据，并计算出经济联系总量，与 2024 年实际数据加以对比(表 1)，可以看出：西部地区各省域实际经济联系总量与蒙特卡洛经济联系总量差距不大，预测值与真实值之间误差较小，实际经济联系总量越大，误差绝对值越大，但几乎都不超过实际经济联系总量的 6%，即蒙特卡洛经济联系总量与实际经济联系总量非常接近。

Table 1. Economic linkage volume by province in western regions in 2024
表 1. 2024 年西部地区各省域经济联系量

西部地区	实际值	蒙特卡洛预测值	误差绝对值
内蒙古	48.66	49.42	0.76
广西	131.65	139.41	7.77
重庆	449.49	481.67	32.18
四川	870.73	911.92	41.19
贵州	212.73	222.20	9.47
云南	166.93	182.28	15.35
西藏	0.48	0.46	0.02
陕西	188.66	199.19	10.53
甘肃	92.65	94.18	1.53
青海	15.91	17.27	1.35
宁夏	15.27	16.30	1.03
新疆	12.85	13.51	0.66

为评估蒙特卡洛模型对整体联系强度的预测精度，计算各省域间经济联系强度预测均值与实际值之间的均方根误差(RMSE)和平均绝对百分比误差(MAPE)。根据图 1 可以发现：数据点紧密分布在 45 度理想线附近；RMSE 为 16.42，偏离程度较小；MAPE 为 5.46%，模型的平均预测误差仅为实际值的 5.46%，预测值与实际值在数量级上总体接近；决定系数 R^2 为 0.9998，说明拟合效果很好。因此，蒙特卡洛模拟能稳健可靠地捕捉西部地区省域经济联系的内在规律与空间特征。

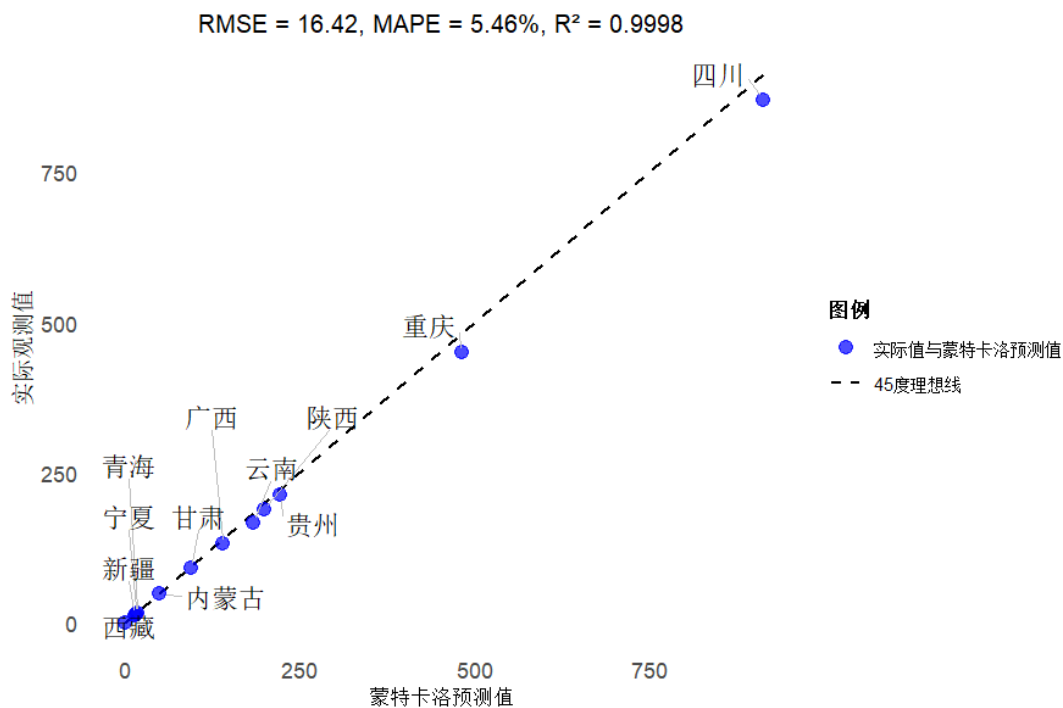


Figure 1. Scatter plot of predicted and actual values
图 1. 预测值与实际值散点图

对空间自相进行莫兰指数检验,结果表明(表 2): 实际经济联系和蒙特卡洛经济联系莫兰指数差异极小,都存在显著的空间正相关; P 值远大于 0.05,即两种经济联系量的空间自相关模式无显著差异。蒙特卡洛模拟经济联系量与实际观测经济联系量在空间分布特征上具有高度一致性,进一步验证了蒙特卡洛模拟的可靠性和稳健性。

Table 2. Results of the Moran index robustness test
表 2. 莫兰指数稳健性检验结果

项目	数值	说明
实际经济联系 Moran 指数	0.1266	期望值: -0.0909 方差: 0.0159
蒙特卡洛经济联系 Moran 指数	0.1326	期望值: -0.0909 方差: 0.0162
Moran 指数差异	-0.0060	实际值减去模拟值
P 值	0.9730	不显著(P > 0.05)

3.2. 蒙特卡洛预测经济联系量

采用 2019~2024 年实际数据对西部地区 2025 年相关经济联系数据预测并测度经济联系强度。从总量来看,四川经济联系总量高达 919.18,领先于其他省域,重庆位居第二,与四川共同构成“成渝双核”。西藏、青海、宁夏、新疆经济联系总量极低(低于 20 经济度),反映出西部内部经济联系的巨大梯度差。根据 2020~2025 年数据对西部地区 2026 年相关经济联系数据预测并测度经济联系强度,具体结果如表 3 所示:

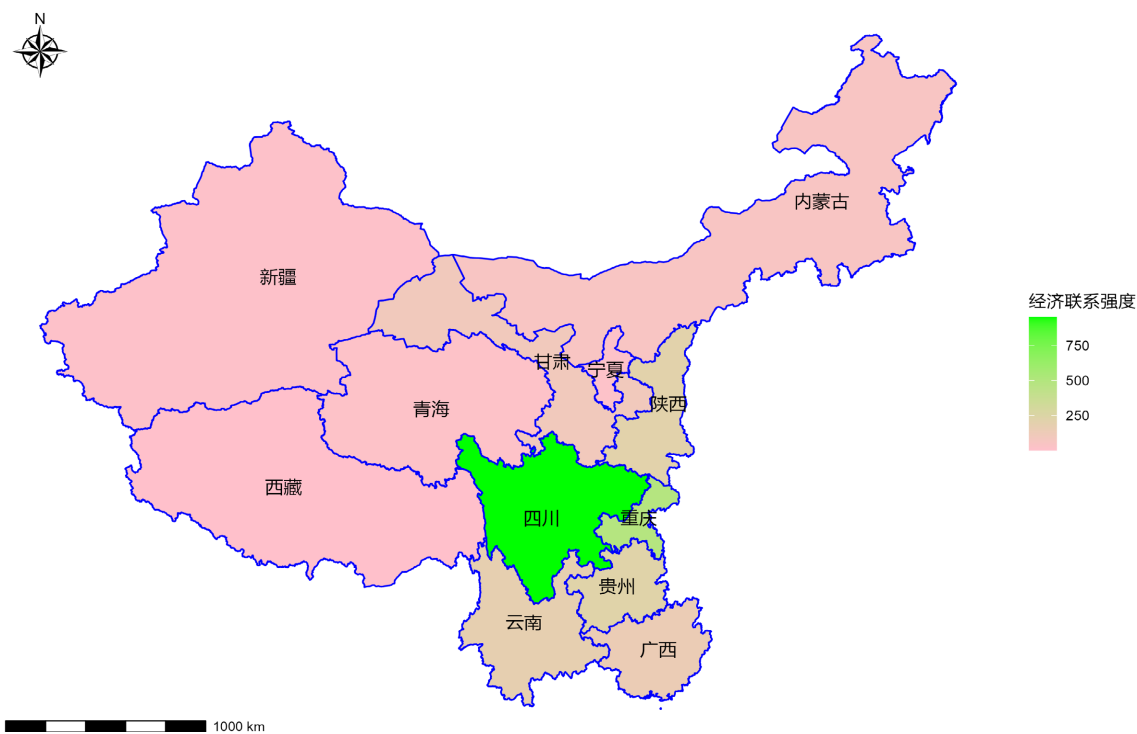
Table 3. Monte Carlo projects the economic connectivity volume of the western region in 2026
表 3. 蒙特卡洛模拟 2026 年西部地区经济联系量

地区	内蒙古	广西	重庆	四川	贵州	云南	西藏	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆	总量
内蒙古	0.00	2.39	4.35	6.12	2.97	2.16	0.22	13.46	8.81	2.06	10.37	2.25	55.16
广西	2.47	0.00	20.22	18.06	57.34	32.48	0.38	7.15	3.77	1.04	1.57	1.21	145.68
重庆	5.02	22.50	0.00	264.22	112.74	24.59	0.56	34.35	14.08	3.11	4.31	1.88	487.36
四川	14.27	40.61	533.85	0.00	113.02	78.24	1.68	98.33	47.06	9.56	10.48	5.74	952.84
贵州	2.38	44.24	78.17	38.78	0.00	44.82	0.36	9.95	4.69	1.30	1.96	1.06	227.71
云南	2.47	35.76	24.33	38.31	63.96	0.00	0.64	8.26	4.62	1.34	1.72	1.29	182.70
西藏	0.02	0.04	0.05	0.07	0.04	0.06	0.00	0.03	0.07	0.05	0.03	0.04	0.51
陕西	17.65	9.05	39.05	55.33	16.32	9.49	0.42	0.00	37.46	6.67	18.08	2.84	212.36
甘肃	4.22	1.74	5.85	9.68	2.81	1.94	0.34	13.69	0.00	45.47	16.60	1.62	103.96
青海	0.30	0.15	0.39	0.59	0.23	0.17	0.08	0.73	13.69	0.00	1.16	0.21	17.70
宁夏	2.16	0.32	0.78	0.94	0.51	0.31	0.07	2.87	7.22	1.68	0.00	0.30	17.17
新疆	1.73	0.90	1.26	1.90	1.02	0.87	0.30	1.67	2.61	1.10	1.12	0.00	14.49

3.3. 蒙特卡洛模拟空间特征分析

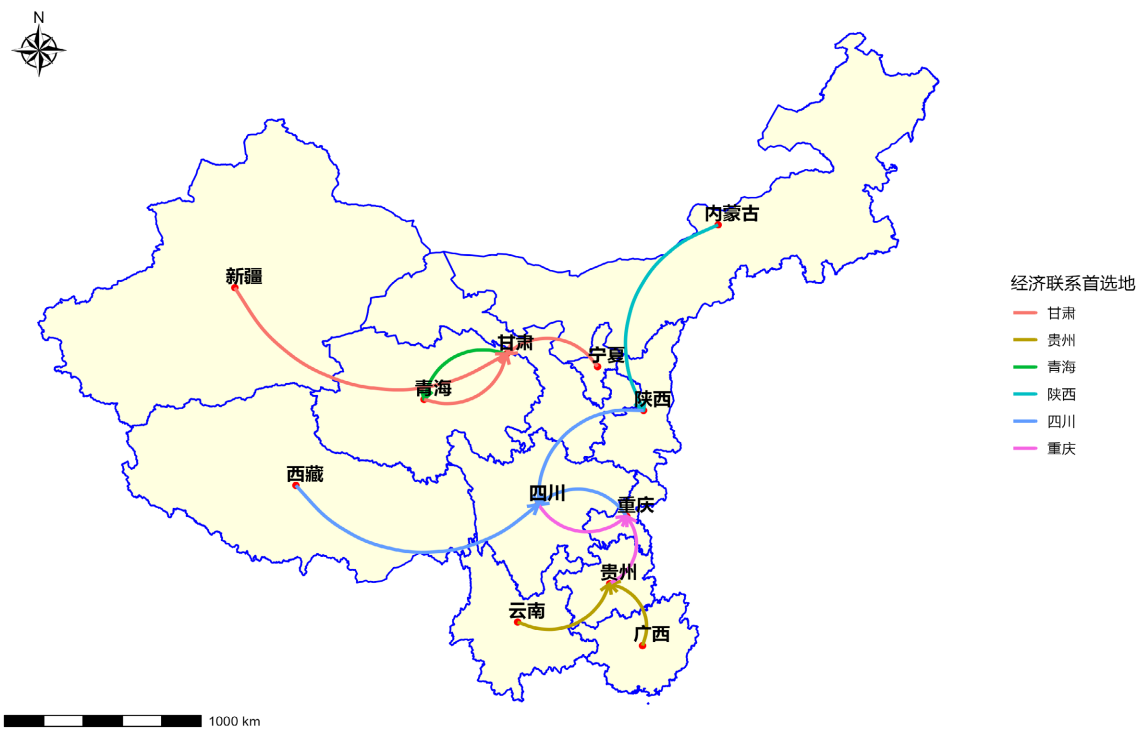
3.3.1. 引力模型测度经济联系强度

将 2026 年西部地区经济联系强度进行可视化分析,清晰揭示了经济联系空间结构与层级特征(图 2):



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS(2024)0650 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 2. Provincial economic tie strength in western regions (2026)
图 2. 西部地区省域经济联系强度(2026 年)



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS(2024)0650 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 3. The preferred location for economic ties among provinces in the western region (2026)
图 3. 西部地区各省域经济联系首选地(2026 年)

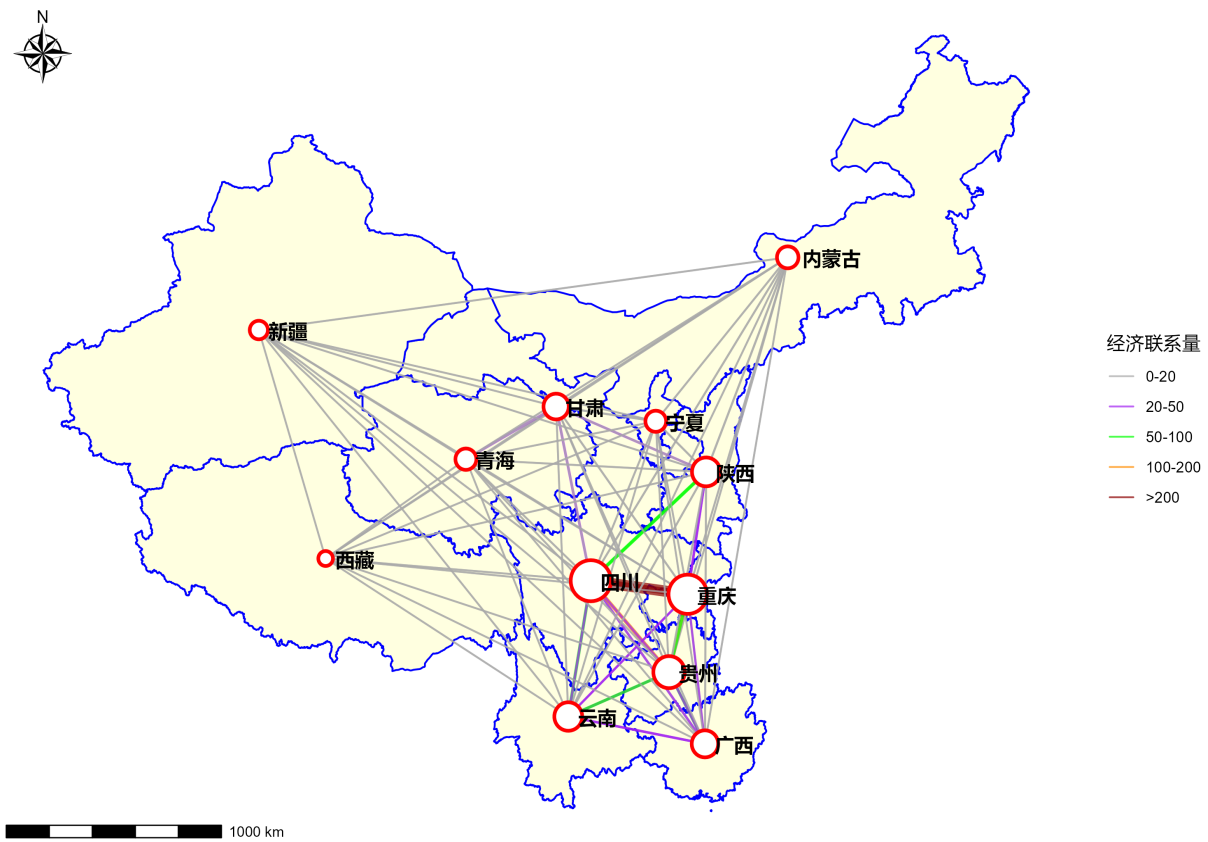
成渝双城经济圈是西部地区省域经济联系的热点地区，川渝地区作为辐射整个西部的枢纽，引领西部经济发展且经济互动密切、辐射效应突出，充分印证了成渝地区双城经济圈在区域协同中的枢纽地位；经济联系强度形成清晰的等级序列，南北梯度存在显著差异，西部地区呈现核心 - 次中心 - 边缘结构，南部省域整体联系强度明显高于北部，尤其是西藏、青海、新疆等地强度极弱，反映出西部地区内部存在显著的南北梯度差异与空间不平衡现象。

3.3.2. 引力模型测度主要联系方向

根据表 3 筛选出各省域 2026 年经济联系最强的地区，作为经济联系首选地，探析我国西部地区各省域经济联系的主要方向。由图 3 可知，我国西部地区省域经济联系方向呈现出以下特点：空间距离远近，是影响省域间经济联系的重要因素。西部地区各省域经济联系首选地都是与其相邻省域，不存在长距离跨区经济联系首选地。西北地区大多选择甘肃作为经济联系首选地，西南地区则是处于核心板块的成渝双城经济圈更受欢迎。各省域经济联系首选地大多是交通发达的地区，这有利于经济联系的输出与输入。

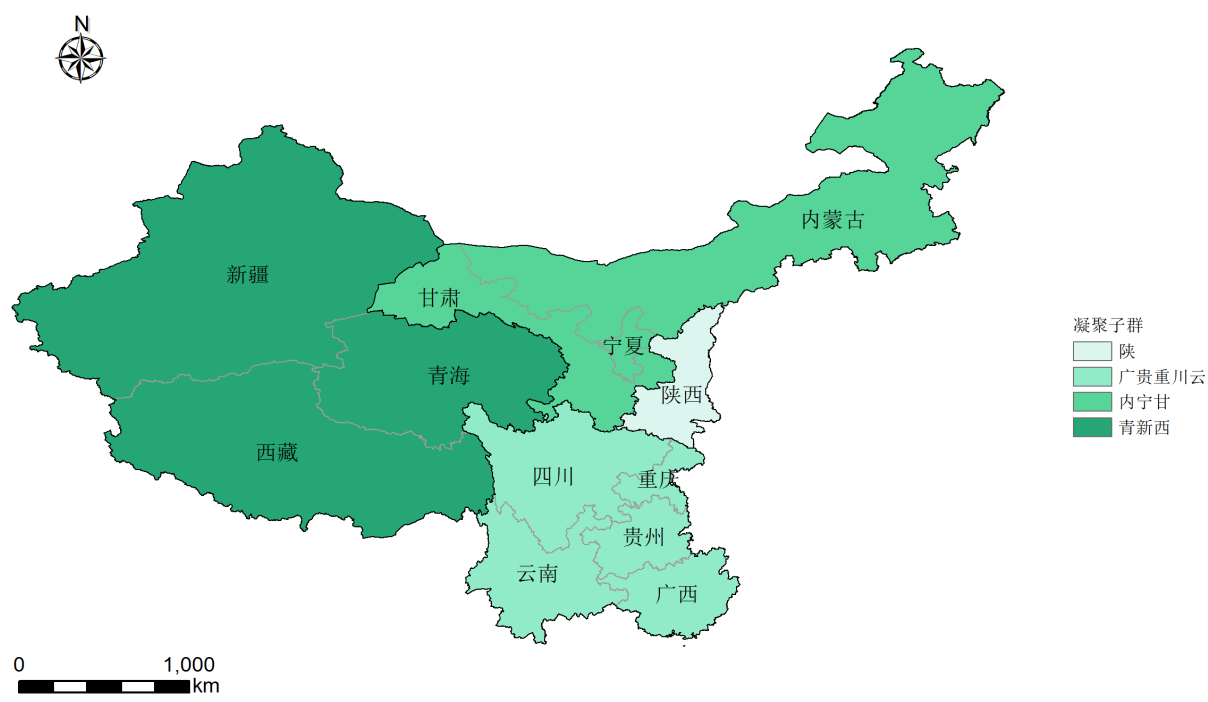
3.3.3. 社会网络分析构建经济联系网络

以西部地区各省省会城市为节点，经济联系量为网络线，输出图 4 可以发现：西南地区间的经济联系普遍高于西北地区，其中四川 - 重庆的经济联系量领先于其他省域，陕西相较于其他西北省域，与西南地区联系较为密切。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS(2024)0650 号的标准地图制作，底图无修改。

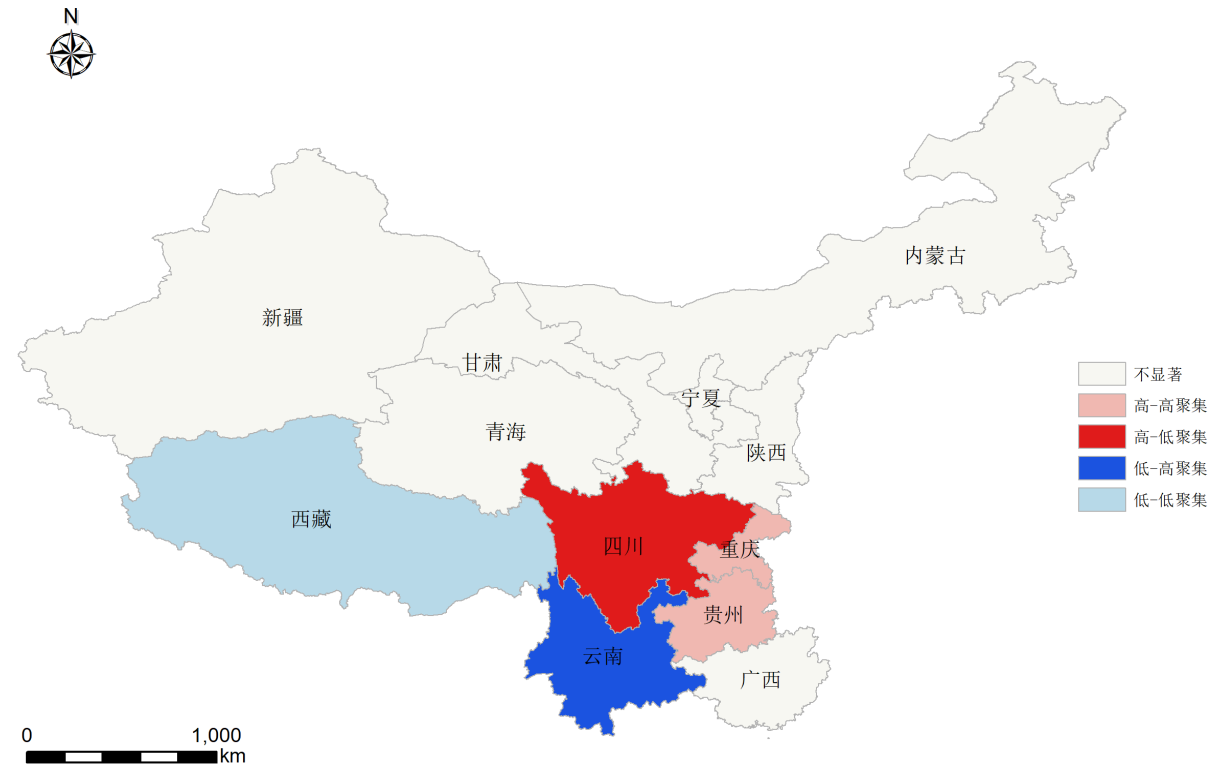
Figure 4. Western region economic connection network (2026)
图 4. 西部地区经济联系网络(2026 年)



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS(2024)0650 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 5. Western region cohesion subpopulation (2026)

图 5. 西部地区凝聚子群(2026 年)



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS(2024)0650 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 6. Lisa image (2026)

图 6. Lisa 图(2026 年)

3.3.4. 社会网络分析构建凝聚子群

根据经济联系密度和自身地理位置,我国西部地区各省域的经济联系网络大致可分为四大凝聚子群(图 5):陕子群仅有陕西一个省域;广贵重川云子群子群包含了广西、贵州、重庆、四川和云南 5 个省域;内宁甘子群包含了内蒙古、宁夏和甘肃,地处宁夏平原和内蒙古高原;青新西子群南起喜马拉雅山脉,北至阿尔泰山脉,包括了青海、新疆和西藏 3 个省域。同一子群内部省域经济联系相似性较高;凝聚子群的拟合度为 0.813,拟合效果较好,子群内部联系较为紧密。

3.3.5. 莫兰指数

为揭示我国西部地区省域间经济联系强度的空间依赖模式,进行莫兰指数分析,Lisa 图刻画出了西部地区内部经济联系存在的不平衡(图 6)。图中重庆和贵州是高-高聚集地区,说明其经济联系活跃且互动强;西藏则是低-低聚集地区,说明其经济联系弱;四川属于高-低聚集,体现其核心带动作用;云南是低-高聚集,属于边缘地区。Lisa 图清晰呈现了核心与边缘地区,为区域协同发展政策提供了重要的空间实证依据。

4. 结论建议与展望

本研究通过构建西部地区经济联系网络,综合运用多种方法,对其经济空间结构进行了实证检验与前瞻性分析,主要得出以下结论建议:

第一,蒙特卡洛模拟预测结果与实际观测值吻合度较高,验证了该方法在预测区域经济网络分析中的可行性与有效性。可以在区域经济规划中推广蒙特卡洛模拟等方法,构建常态化预测与监测机制,动态跟踪经济网络演变趋势。通过模拟不同政策情景下的经济联系变化,为差异化区域策略提供量化依据,增强政策干预的前瞻性与精准性。

第二,西部地区省域经济联系呈现出稳定且显著的核心-边缘空间特征,内蒙古、西藏、新疆等地处于网络边缘,该格局在预测与真实数据中均高度一致,表明其具有内生稳定性与规律性。针对西部地区核心-边缘结构稳定的特点可以实施双轨策略。一方面,强化核心省域的辐射功能,扩大其溢出效应;另一方面,对边缘省域实施定向扶持,重点提升其基础设施水平、特色产业竞争力与跨区域对接能力,逐步减弱网络边缘性。

第三,凝聚子群分析揭示西部地区省域间经济联系松散,反映出西部地区内部经济一体化程度较低,省域经济特征明显,协同发展机制尚未健全。为解决省域经济联系松散、协同不足的问题,应打破行政壁垒,探索跨省域产业协同与要素共享机制,鼓励共建产业园区等合作模式;设立区域性协调发展基金,支持跨省重大合作项目,重点培育次级经济增长节点,促进网络结构多中心化;完善跨行政区治理协调机制,建立常态化联席会议制度,统筹规划生态保护、基础设施互联互通等领域合作。

综上,蒙特卡洛模拟结果印证了西部经济联系高度依赖于少数增长极,且省际差异极大。这提示未来区域协调发展需进一步强化核心省域的辐射通道,同时着力提升边缘省域的对接能力,以逐步缓解空间不平衡态势。展望未来,可以从以下方面深入研究。

研究方法深化与融合。可探索将蒙特卡洛模拟与更具结构化的经济模型相结合,在预测中纳入交通基础设施改善、产业政策调整、国家重大战略实施等确定性变量的影响,从而提升预测的解释力与场景分析能力。可引入动态网络分析方法,刻画核心-边缘结构的演化轨迹与关键转折点。

研究内容与尺度拓展。一方面,可将经济联系的研究拓展至多维关联,如科技创新合作网络、生态关联网络等,进行综合比较与耦合分析,全面审视区域系统的空间组织。另一方面,可将分析尺度下沉至城市层面,识别省域内部以及跨省域的关键城市节点与联系廊道,实现宏观格局与微观动因的衔接,使研究结论更具规划与操作指导价值。

理论机制的进一步探究。未来研究可着重探讨形成并维持当前空间格局的内在机制,例如,地理距离、产业结构同构与互补性、地方保护主义、市场化程度等因素如何具体影响并制约着省域间的经济联系。结合计量经济学模型与质性案例研究,从动力与阻力两个维度深化理论认识。

面向决策支持的应用转化。如何将“监测-模拟-评估”的研究框架体系化、工具化,并整合到区域发展规划与政策制定的常态化流程中,是重要的应用方向,能为增强区域发展政策的科学性、前瞻性与协调性提供持续智力支持。

总之,本研究揭示了西部地区经济联系网络稳定而松散的空间特征,验证了蒙特卡洛模拟方法预测经济联系的可行性,并为区域协同发展政策提供了实证依据。未来通过方法、内容、应用的持续创新,可望为深化区域经济空间研究、服务国家区域协调发展战略做出进一步贡献。

基金项目

重庆科技大学硕士研究生创新计划项目:“新质生产力视角下西部地区省域间数字经济联系网络时空演化研究”(YKJCX2521211);重庆市教育委员会人文社会科学研究项目:“成渝地区双城经济圈数字产业集聚与绿色发展耦合协调研究”(24SKJD157);重庆市教育委员会人文社会科学研究项目“全域视角下重庆制造业数字化绿色化协同效应评估及提升策略研究”(25SKGH296);重庆科技大学硕士研究生创新计划项目:“创新生产力驱动下粮食主产区的土地利用效率空间差异与收敛性分析”(YKJCX2521207);重庆科技大学硕士研究生创新计划项目:“‘一核五翼’测度新视角下中国新质生产力的时空分异与驱动机制研究”(YKJCX2521210)为本研究提供资助。

参考文献

- [1] 崔和瑞. 京津冀地区城市间的经济联系方向研究[J]. 技术经济, 2008(10): 32-36.
- [2] 侯赞慧, 刘志彪, 岳中刚. 长三角区域经济一体化进程的社会网络分析[J]. 中国软科学, 2009(12): 90-101.
- [3] 欧向军, 薛丽萍, 顾雯娟. 江苏省县市经济联系的空间特征[J]. 经济地理, 2015, 35(8): 24-31.
- [4] 畅梦帆. 山西省与京津冀地区城市经济联系发展研究[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西财经大学, 2023.
- [5] 高兴亮, 殷为华. 基于引力模型的山东省城市经济联系格局演变[J]. 中国人口资源与环境, 2015, 25(S1): 458-461.
- [6] 刘守威, 张玉玲, 刘蓓雯. 中国省际空间经济发展关系动态演进分析——以新疆为中心[J]. 世界地理研究, 2022, 31(6): 1285-1297.
- [7] 袁伟彦, 罗明, 刘添天. 西部城市经济联系网络结构演变研究[J]. 城市问题, 2022(9): 45-54.
- [8] 赵佳丽, 畅梦帆. 山西省与京津冀地区城市经济联系与网络特征研究[J]. 经济问题, 2023(5): 110-118.
- [9] 杨文龙, 杜德斌, 刘承良, 马亚华. 中国地缘经济联系的时空演化特征及其内部机制[J]. 地理学报, 2016, 71(6): 956-969.
- [10] 王小华, 杨玉琪, 罗新雨, 温涛. 中国经济高质量发展的空间关联网络及其作用机制[J]. 地理学报, 2022, 77(8): 1920-1936.
- [11] Zhang, S., Wei, F., Zhang, Y., Li, Y., Zhu, L. and Guo, H. (2025) Unequal Partnerships: Asymmetrical Effects of Urban Economic Linkages on Land-Use Efficiency in 284 Cities, China. *Land Use Policy*, 155, Article ID: 107585. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107585>
- [12] 魏艳华, 王丙参, 邢忠勇. 蒙特卡洛积分方法及其改进[J]. 统计与决策, 2017(12): 10-15.
- [13] 鲁帅, 宋戈, 杨一佳. 基于改进蒙特卡洛模拟的耕地生态安全时空特征研究——以齐齐哈尔市为例[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2019, 51(4): 137-145.
- [14] 刘军. 整体网分析讲义: UCINET 软件实用指南[M]. 上海: 格致出版社, 2009.