

# 交通网络对云南省经济联系驱动作用的空间异质性分析

张 猛

云南财经大学, 云南 昆明

收稿日期: 2022年12月2日; 录用日期: 2023年1月6日; 发布日期: 2023年1月13日

## 摘 要

通过引力模型, 测算出云南省城市间经济联系强度, 从而构建全省经济联系网络, 并以城市经济联系势能为因变量, 公路网密度为自变量, 运用最小二乘法和地理加权回归模型探索交通网络对经济联系驱动作用的空间异质性。研究表明: 云南省经济联系层级现象显著, 高强度的联系关系缺乏, 东强西弱的特征明显; 公路网对经济联系具有显著的驱动作用, 且这种驱动作用存在空间异质性。

## 关键词

经济联系, 交通网络, GWR, 公路网

# Spatial Heterogeneity of the Driving Effect of Transportation Networks on Economic Connections in Yunnan Province

Meng Zhang

Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan

Received: Dec. 2<sup>nd</sup>, 2022; accepted: Jan. 6<sup>th</sup>, 2023; published: Jan. 13<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Through the gravity model, the intensity of economic connections between cities in Yunnan Province is measured, so as to construct the province's economic connection network. With the urban economic connection potential as the dependent variable and the highway network density as the

independent variable, the least squares method and geographically weighted regression model are used to explore the driving force of traffic network on economic linkage spatial heterogeneity of action. Research shows that Yunnan Province has significant levels of economic ties, lack of high-strength ties, and obvious characteristics of strong east and weak west; the highway network has a significant driving effect on economic ties, and this driving effect is spatially heterogeneous.

## Keywords

Economic Connections, Transportation, GWR, Highway Network

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

我国城镇化进程不断推进,人、物、信息等经济要素在地区间的流动更加频繁,区域间联系更为密切。交通网络是经济联系产生的重要途经,不仅改变了区域间经济联系的距离,也改变了经济联系的形式。交通基础设施的建设影响着地区经济联系,但影响因素因地而异。《交通强国建设纲要》指出尊重城市发展规律,建设城市群一体化交通网。掌握交通网络对经济联系的影响作用,有利于掌握经济联系空间格局和交通网络-经济联系之间关系的地区规律,对于更加科学地指导交通基础设施布局和建设尤为必要。

经济联系通常以引力模型测度。Reilly WJ [1]首次将物理学中的万有引力定律应用于地理学领域研究中。Zipf [2]首次将万有引力模型引入到城市体系空间相互作用分析,建立城市群空间结构相互作用的理论基础。通过引力模型,研究者不仅测算了全国[3]、城市群[4]、省级[5]等不同层面的经济联系强度,也得到了旅游业[6]、物流业[7]等不同行业的经济联系空间格局。与此同时,引力模型也得到了不断的改进和优化,主要分为两种:一种是基于不同城市质量对于联系量影响的分异程度对其测度修正[8] [9],另一种是基于距离衰减应遵循客观阻力和距离衰减规律而对距离函数进行修正[10] [11]。

交通基础设施不仅为地区经济增长提供强大动力,也为地区间经济联系提供了必备的基础条件。研究表明,交通基础设施对经济增长的贡献呈空间正相关性[12],且该贡献出现了因地制宜的正向溢出效应[13]。交通建设带来的是地区可达性的提升,即交通网络中各节点互相作用机会的变大[14],地区交通可达性与经济发展之间存在正相关趋势的非线性关系[15]联系[16]。对比不同交通方式,虽然公路[17]和铁路[18]建设在重塑区域空间结构中都能提升城市对外经济联系强度总量,但铁路主导下的城市间联系强度带动作用更突出[10],对于公路,其等级越高,带动作用也越突出[19]。可见,交通基础设施的建成加快经济要素流动,良好交通基础设施条件能够增强区域经济区位优势。交通基础设施建设对地区空间结构的演化具有导向性[20] [21]。

云南省地处长江经济带上游地区,面像南亚东南亚,交通区位优势明显。云南省十四五规划明确提出构筑现代基础设施网络,紧紧抓住交通强国试点省份建设机遇。鉴于此,运用经典引力模型和地理加权模型,分析云南省交通网络对经济联系的驱动作用及其空间异质性,有利于促进云南省交通网络的布局更好地服务于地区经济发展。

## 2. 研究方法与数据来源

### 2.1. 引力模型

引力模型是衡量区域间经济联系强度的常用方法，根据学者们已有的研究成果，考虑到本研究的对象主要是区域中的城市经济联系，我们选取如下的模型方案，见式(1)

$$R_{ij} = \sqrt{P_i \times G_i} \times \sqrt{P_j \times G_j} / D_{ij}^2 \quad (1)$$

式中， $R_{ij}$ 为两城市经济联系强度； $P_i$ 、 $P_j$ 为两城市城镇就业人员数， $G_i$ 、 $G_j$ 为两城市的GDP， $D_{ij}$ 为两城市的距离。

### 2.2. 地理加权回归模型

地理加权回归通过引入研究单元空间位置，建立局部回归方程，得到不同位置的回归系数，体现影响作用的空间异质性，其正负反映出自变量对因变量的驱动性或抑制性，其大小则反映作用的强弱，模型见式(3)

$$Y_i = \beta_0(\mu_i, \nu_i) + \sum_{k=1}^n \beta_k(\mu_i, \nu_i) X_{ik} + \varepsilon_i$$

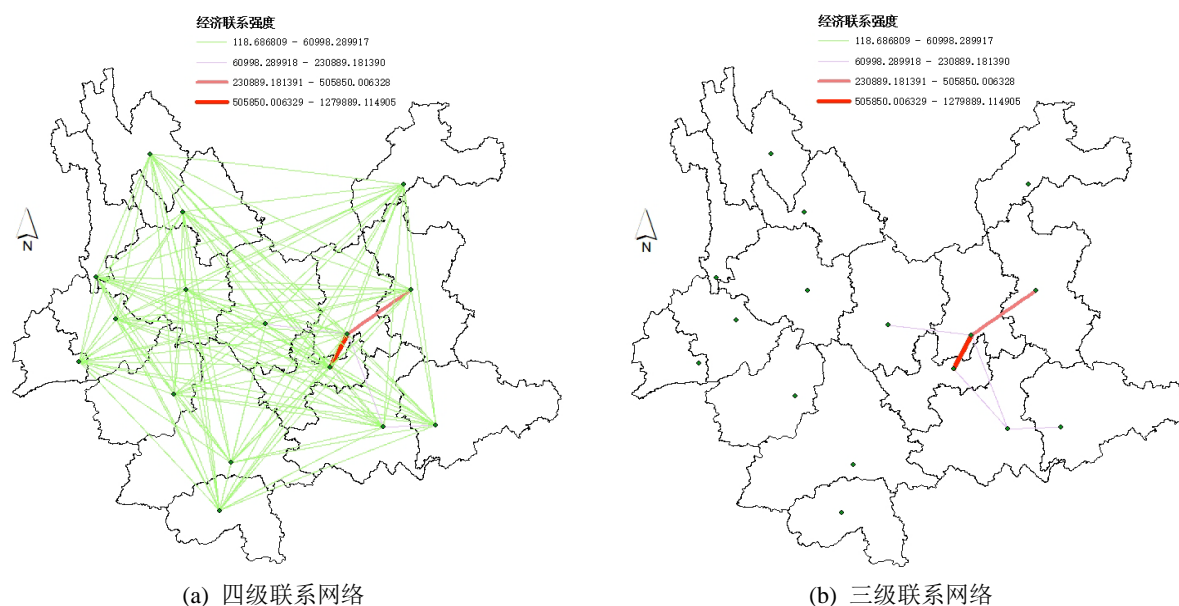
式中： $(\mu_i, \nu_i)$ 是第*i*个样本点的空间位置坐标； $\beta_k(\mu_i, \nu_i)$ 是第*i*个样本的第*k*个回归参数； $\varepsilon_i$ 是第*i*个样本的随机误差。

### 2.3. 数据的收集和整理

云南省各州市的城镇就业人员数、GDP来源于《云南省统计年鉴2019》。各州市的空间位置坐标来源于网络，各州市之间的距离根据ArcGIS软件10.7测算得到。

## 3. 地区间经济联系空间特征分析

将云南省城镇就业人员数、GDP以及两城市的距离带入式(1)，得到云南省各州市经济联系强度表，并通过ArcGIS及自然间断点法将表格可视化。



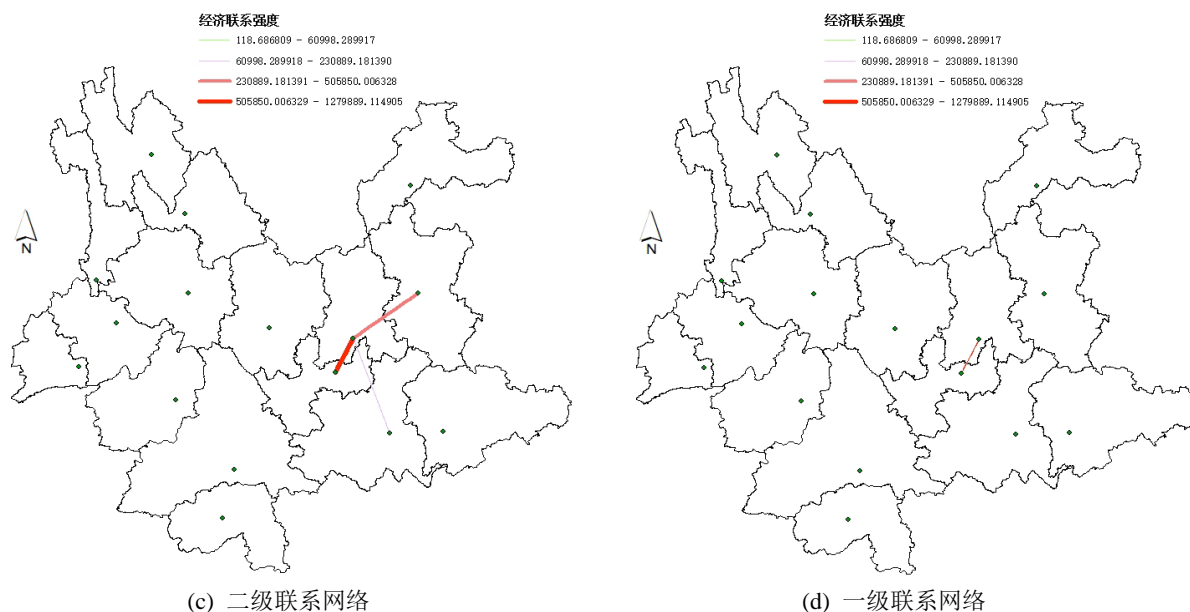


Figure 1. Hierarchical network of economic connection network in Yunnan Province

图 1. 云南省经济联系网络分级网络

如图 1 所示，云南省区域经济联系网络在空间上类似于城斜放的等边五边形分布特征，以省会昆明为中心的联系网络部分联系较为紧密，实际表现为滇中城市群间联系强度大且密集。其他地区如滇西，滇东北地区城市间联系强度小且稀疏。相对而言，滇西地区呈现出以大理为中心的网络连接。三级、二级和一级联系网络表明，滇中城市群四五大区域昆明、玉溪、曲靖、楚雄、红河之间的经济联系强度明显高于其他地区，从内部来看，昆明 - 玉溪的经济联系最强，其次是昆明 - 曲靖，接着是昆明与楚雄和红河，红河与玉溪和文山。云南省总体的经济联系格局呈现出以滇中城市群为密集区域，滇西则以大理为中心的两级发展态势。

## 4. 交通网络对经济联系驱动作用及空间异质性分析

### 4.1. 研究变量选取

#### 4.1.1. 因变量选取

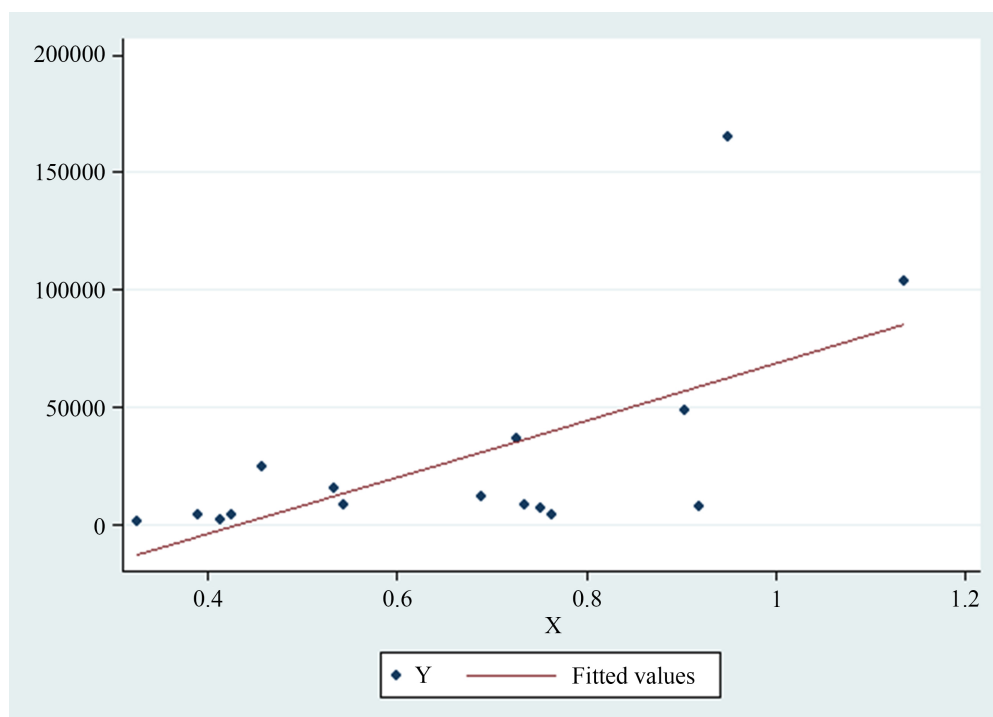
经济联系由城市产生，将许多个城市之间点对点的经济联系串连起来，便形成经济联系网络，因此探索交通网络对经济联系的影响还应从经济联系产生的单元——城市角度分析。城市  $i$  与其他城市的联系关系可以分为吸引关系和辐射关系，由此城市的联系强度也可分为吸引强度和辐射强度，两种强度都反映城市  $i$  的联系活力。将城市  $i$  的吸引强度与辐射强度求得平均值，定义为经济联系势能[7]。

#### 4.1.2. 自变量选取

结合研究区域，体现空间属性，选用公路网密度作为自变量。由散点图(图 2)初步判定，公路网密度与经济联系势能存在较为明显的线性关系，可进行最小二乘法 and 地理加权回归分析。

### 4.2. 基于 OLS 的驱动作用全局性分析

地理加权回归是建立在构建一个正确的最小二乘法(OLS)模型的基础上的，为此首先运用 OLS 模型分析公路网密度对经济联系势能的全局性驱动作用。将公路网密度作为自变量，城市经济联系势能作为因变量进行最小二乘法回归。回归结果见表 1。



**Figure 2.** Scatter diagram of potential energy of urban economic connection and transportation density  
**图 2.** 城市经济联系势能与公路网密度散点图

**Table 1.** Regression statistical results

**表 1.** 回归统计结果

Y	Coef.	Std.Err	T	P >  t	[95% Conf. Interval]
X	121507.8	39057.39	3.11	0.008	205277.5 205277.5
_cons	-52595.3	27503.18	-1.91	0.077	-111583.8 6393.155

回归模型的  $R^2$  为 0.4087, 调整的  $R^2$  为 0.3665, 意味着公路网密度可以解释城市经济势能联系 40.87% 的变化原因。根据 P 值可知变量在 1% 的显著性水平下显著。公路网密度的回归系数为 121507.8, 表明公路网密度对城市经济联系势能产生显著的正向驱动作用, 就云南而言, 完善公路网布局会加强城市间的经济联系。

### 4.3. 基于 GWR 的驱动作用空间异质性分析

云南省公路网密度存在空间异质性, 如图 3 所示。

公路网密度低值区域有迪庆、楚雄、德宏和文山。相对高值区域有昆明、玉溪、曲靖和昭通。

在全局性分析的基础上, 运用地理加权回归模型定量描述公路网密度对城市经济联系势能的驱动作用及其在不同地区所表现出的异质性。使用固定距离法创建核表面, 采用 AIC 准则法确定带宽。

从残差检验结果可知, 除昆明外的所有样本均未超过 2.5 倍标准差, 模型可靠性较高。局部  $R^2$  均在 0.4 左右。说明公路网密度对经济联系势能的解释能力基本相等。

公路网密度的驱动作用在空间上呈现非平稳性, 对不同地区经济联系势能驱动程度不同。通过 ArcGIS 对结果中回归系数进行可视化, 得到图 4。

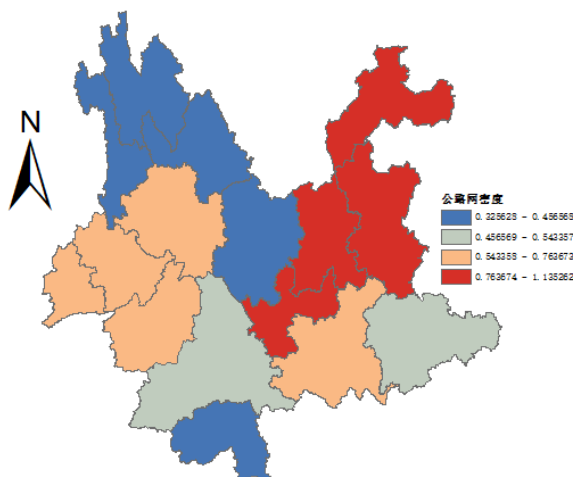


Figure 3. Road network density

图 3. 公路网密度

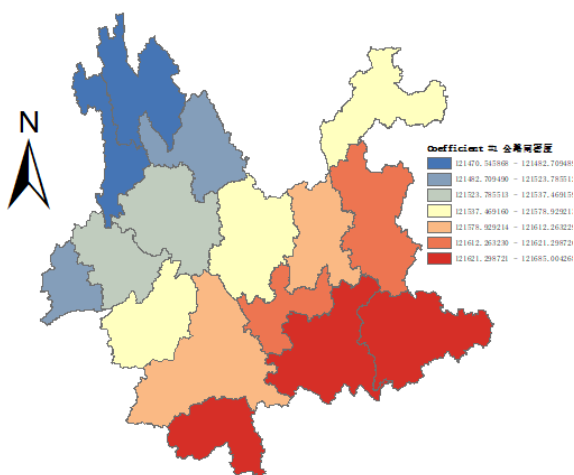


Figure 4. Local regression coefficient of highway network density & railway network density

图 4. 公路网密度局部回归系数渲染图

公路网密度对各地区驱动作用整体上均呈正向驱动作用。怒江、迪庆、大理、楚雄、德宏处于相对低值区域，该区域公路网密度对经济联系势能的驱动作用相对较小；而西双版纳、红河、玉溪、文山及曲靖处于相对高值区域，公路网密度对该区域经济联系势能驱动作用相对较大。

## 5 结论与建议

### 5.1. 结论

在云南省经济联系空间特征分析的基础上，运用最小二乘法和地理加权回归模型探索交通网络对经济联系驱动作用及其空间异质性，得到如下结论：

1) 经济联系空间特征分析表明，云南省经济联系大体呈斜放的等边五边形分布特征，实际表现为滇中城市群联系强度大且密集，而其他地区如西部和东北部联系强度小且稀疏。除滇中城市群外，联系相对较为密集的区域则是大理为中心的网络区域。

2) 驱动作用的空间异质性分析表明, 公路网密度会对经济联系势能产生显著的正向驱动作用。公路网密度对经济联系势能驱动作用整体上大概保持一致, 异质性较为模糊。

## 5.2. 建议

云南省由于特殊的地形地貌, 交通基础设施网络建设落后于全国平均水平, 这造成了区域之间经济联系的相对薄弱, 相对于铁路建设的高昂成本, 云南省应该在未来的布局建设中大力推进公路网络建设。在云南省各个公路网密度低值区域中尤其应该加强文山建设, 为滇中城市群的壮大提供基础。

重视对昆明, 曲靖, 玉溪市等经济发达地区现有低等级路线的扩容升级; 加快建设连接昆明和曲靖两市的城镇发展轴沿线地区高速铁路线, 促进昆明曲靖两市在滇中经济发展中的带动作用。

## 参考文献

- [1] Reilly, W.J. (1929) *Methods for the Study of Retail Relationships*. University of Texas Press, Austin.
- [2] Zipf, G.K. (1946) The Hypothesis: On the Intercity Movement of Persons. *American Sociological Review*, **11**, 677-686. <https://doi.org/10.2307/2087063>
- [3] 王海江. 中国中心城市交通联系及其空间格局[D]: [博士学位论文]. 开封: 河南大学, 2014.
- [4] 李远和. 长江中游城市群发展空间格局分析[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北大学, 2017.
- [5] 刘瑞娟. 基于空间视角的区域联系分析[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2014.
- [6] 史庆斌, 谢永顺, 韩增林, 等. 东北城市间旅游经济联系的空间结构及发展模式[J]. *经济地理*, 2018, 38(11): 211-219.
- [7] 刘程军, 周建平, 蒋建华, 等. 电子商务背景下县域物流的空间联系及其网络结构研究——以浙江省为例[J]. *地理科学*, 2019, 39(11): 1719-1728.
- [8] Russon, M.G. and Vakil, F. (1995) Population, Convenience and Distance Decay in a Short-Haul Model of United States Air Transportation. *Journal of Transport Geography*, **3**, 179-185. [https://doi.org/10.1016/0966-6923\(95\)00002-K](https://doi.org/10.1016/0966-6923(95)00002-K)
- [9] 彭芳梅. 粤港澳大湾区及周边城市经济空间联系与空间结构——基于改进引力模型与社会网络分析的实证分析[J]. *经济地理*, 2017, 37(12): 57-64.
- [10] 于建峰, 曾俊伟, 钱勇生, 等. 不同交通方式对兰西城市群空间分布影响研究[J]. *铁道运输与经济*, 2019, 41(10): 7-13, 40.
- [11] 吴常艳, 黄贤金, 陈博文, 等. 长江经济带经济联系空间格局及其经济一体化趋势[J]. *经济地理*, 2017, 37(7): 71-78.
- [12] 王伯礼, 张小雷. 新疆公路交通基础设施建设对经济增长的贡献分析[J]. *地理学报*, 2010, 65(12): 1522-1533.
- [13] 王晓东, 邓丹萱, 赵忠秀. 交通基础设施对经济增长的影响——基于省际面板数据与 Feder 模型的实证检验[J]. *管理世界*, 2014(4): 173-174.
- [14] Hansen, W.G. (1959) How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, **25**, 73-76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- [15] 刘传明, 曾菊新. 县域综合交通可达性测度及其与经济发展水平的关系——对湖北省 79 个县域的定量分析[J]. *地理研究*, 2011, 30(12): 2209-2221.
- [16] 徐维祥, 陈斌, 李一曼. 基于陆路交通的浙江省城市可达性及经济联系研究[J]. *经济地理*, 2013, 33(12): 49-53.
- [17] 李晨曦, 吴克宁, 高星, 等. 基于潜力模型的城市公路网络可达性及经济联系分析——以唐山市为例[J]. *现代城市研究*, 2017(2): 108-113.
- [18] 王姣娥, 焦敬娟, 金凤君. 高速铁路对中国城市空间相互作用强度的影响[J]. *地理学报*, 2014, 69(12): 1833-1846.
- [19] 叶昌友, 王遐见. 交通基础设施、交通运输业与区域经济增长——基于省域数据的空间面板模型研究[J]. *产业经济研究*, 2013(2): 40-47.
- [20] Horner, M. (2004) Exploring Metropolitan Accessibility and Urban Structure. *Urban Geography*, **25**, 264-284. <https://doi.org/10.2747/0272-3638.25.3.264>
- [21] Scott, A.J., Agnew, J., Soja, E.W., et al. (2001) Global City-Regions. In: Scott, A.J., Ed., *Global City-Regions: Trends, Theory, Policy*, Oxford University Press, Oxford, 162-164.