

长江干流县域交通优势度的空间格局

宋仁波¹ 张余庆² 张迎昭² 秦晓玉² 范馨元² 郝丽媛² 唐梓铭² 李成雷²¹

(1. 南京信息工程大学 滨江学院, 江苏 无锡 214105;

2. 淮阴师范学院 城市与环境学院, 江苏 淮安 223300)

【摘要】: 借鉴《省级主体功能区规划》的技术流程和评价方法,采用公路网络密度、交通干线影响度、区位优势度为评价指标,并通过引入地形起伏度因子修正交通优势度模型。在此基础上,以长江干流经过的 29 重点城市为研究区域,选取其下辖的 108 个县市为研究单元,综合运用 GIS 空间分析、建模和制图技术,分析了长江干流沿岸县域交通优势度的空间格局并解析了其成因。研究表明:从区域视角,长江干流县域交通优势度总体呈偏正态分布,空间上东西分异明显,干流途经县市交通优势度普遍偏高,东部地区县市的交通优势程度普遍高于西部地区,沿沪宁线和沿海地区较高,西部较高地势地区相对较低;从流域视角,具有下游集中偏高,中游分散较高,上游普遍偏低的特点;从行政区划视角,上海、南京和苏锡常地区下辖的县市的交通优势程度突出,中西部地区的武汉、和重庆中心城市下辖的县市的交通优势度较高,而离中心城市较远且缺少交通干线通过的县市的交通优势度较低。加强低值区的交通基础设施建设,加强各市与周边邻近省辖市的经济联系,从而提高长江干流县域城市的交通优势度水平,为长江流域城市发展和经济建设提供基础支撑和保障作用。

【关键词】: 长江干流 县域 交通优势度 空间格局 GIS 建模

【中图分类号】: U11 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227 (2020) 12-2607-13

交通基础设施是区域发展的基础要素,它是反映区域发展状况的一个重要指标,具有引导、支持和保障区域发展的作用^[1]。近些年来,随着测绘与地理信息技术的发展,使得交通基础设施的定量测算、分析和评价成为现实。目前,对交通水平的分析和评价大多是以可达性为指标或以距离与时间上的指标对交通便捷性进行分析和评价^[2~5],但交通可达性评价的是通过特定交通系统,对从一个区位到达指定区位时之间享有的交通便捷性,这只是衡量交通发展程度的其中一个重要方面,对综合的交通水平优劣的评价依然不够全面和完善。交通优势度是评价区域交通优势高低的一个集成性指标,由区域交通设施网络规模(支撑能力)、干线的技术等级的影响程度(联系与集聚能力)和在宏观整体交通基础设施网络中该区域的通达性状态(区位优势)3 方面集成,它能够从“质”、“量”、“势”3 个方面综合反映一个地区的交通发展水平^[6]。目前,对于交通优势度的研究,其成果相对丰富,主要集中在两个方面:一是对交通优势度模型的构建、测算和评价^[7~14];二是分析交通优势度与经济发展的关系^[15~23]。现有研究多局限于省级行政区划范畴的实证研究,且只考虑交通设施网络规模和数量,缺少地形、地貌因素的考量,跨省区大区域的交通优势度研究较少,针对流域城市主体功能区域的交通优势度研究更是空白。

本文借鉴《省级主体功能区规划》技术流程和方法,集成了路网密度、交通干线影响度、区位优势度和地形起伏度 4 个方面影响因子,构建区域交通优势度综合评价模型。同时,以长江干流途经的 29 个主要城市为研究区域,选择其下辖的 108 个县市为

¹作者简介: 宋仁波(1974~),男,讲师,主要研究方向为测绘工程、GIS 应用与开发和地学三维模拟。E-mail:srb_id2000@aliyun.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(41907384)

研究单元,借助 GIS 空间分析、建模和制图分析技术,全面分析了长江干流县域城市交通优势度的空间格局,进行从宏观尺度解析该区域交通优势度格局的成因进行了科学分析和评价。进一步,为充分改善长江干流县域城市交通基础建设,促进长江经济带战略的实施。最后,通过最大限度发挥交通设施推动长江全流域城市发展和经济增长,为政府相关部门的管理和科学决策提供依据。

1 研究区域概况与数据

1.1 研究区域概况

长江流域是指长江干流和支流流经的广袤区域,它横跨中国东部、中部和西部三大经济区,共计 19 个省、市、自治区,它是世界第三大流域,流域总面积约 180 多万平方公里,占中国国土面积的 18.8%,其地势西高东低,形成三级巨大阶梯,流域内有丰富的自然资源和人文景观。进一步来说,长江干流处在东经 104° 33′ ~122° 25′ ,北纬 33° 30′ ~34° 45′ 之间,主要包括沱沱河、金沙江、川江和扬子江四条干流,水路航运发达,有黄金水道之称,是国家重要的交通走廊,它由西部的宜宾延伸至东部的上海,途经四川、重庆、湖南、湖北、江西、安徽、江苏和上海,共计 6 个省和两个直辖市,主要包括 29 个重点城市及其所辖的 108 个县市。

《长江经济带发展规划纲要》(2016)确立了长江经济带“一轴、两翼、三极、多点”发展的新格局:“一轴”是以长江黄金水道为依托,发挥上海、武汉南京和重庆的核心辐射作用,推动经济由沿海溯江而上梯度发展;“两翼”分别指沪瑞和沪蓉南北两大运输通道,这是长江经济带的发展基础;“三极”指的是长江三角洲城市群、长江中游城市群和成渝城市群,充分发挥中心城市的辐射作用,打造长江经济带的三大增长极;“多点”是指发挥三大城市群以外地级城市的支撑作用。长江干流途经 29 个重要城市,其下辖 108 个县市,该区域连通本中西部内陆腹地和东部沿海,交通发达,也是连接中国南北、东、西的交通枢纽地区。目前,京沪、京九、京广、宁西线、京沪、京广高速铁路等交通干线交通十分密集。公路网密集,与京沪、京珠等高速公路相连,是国家重要的交通走廊,长江干流沿岸城市区域概况如图 1 所示。

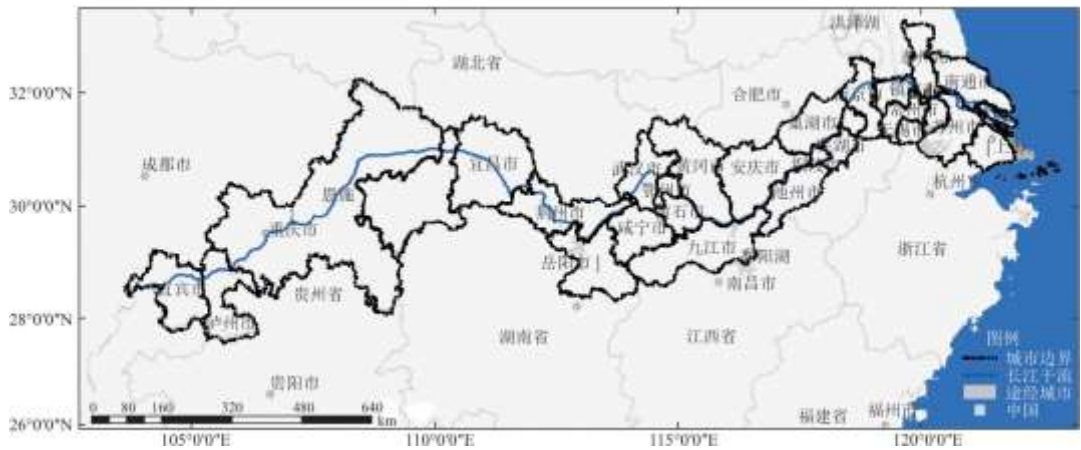


图 1 长江干流途经主要城市区域概况

1.2 数据来源及预处理

本文以研究区域的县市级行政区划的矢量图、全国水系矢量分布图、长江航道港口分布图、高德电子地图和 SRTM 高程数据为数据源。首先,根据全国交通地图、维基百科划分城市和交通干线技术等级。其次,在 ArcGIS 平台下,利用其 ArcScan 自动矢量化工具结合高德电子地图分别提取出高速公路、国道、省道、高铁、铁路、港口和机场的矢量数据;进一步,利用 Model Builder,通过要素选择迭代器 (Iterate Feature Selection) 结合 Arctool Box 工具箱的结合空间连接 (Spatial Join)、要素转线 (Feature

ToLine) 工具, 构建模型自动提取出长江干流途经城市及其下辖县市矢量多边形和边界线。最后, 同样结合要素选择迭代器 (Iterate Feature Selection)、图像掩膜 (Extractby Mask) 工具, 通过构建模型提取出各市县的影像, 为后续交通优势度模型的计算和分析奠定基础, 研究区域县域城市的主要交通设施空间分布如图 2 所示。

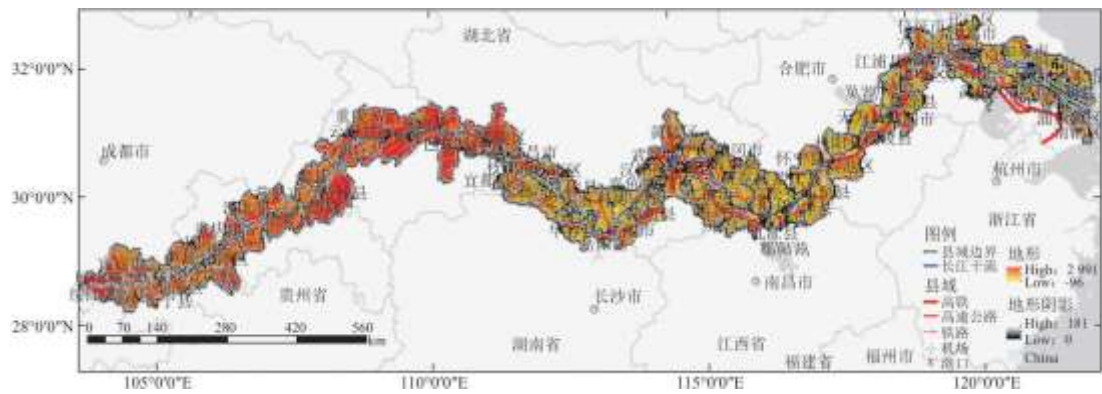


图 2 长江沿岸城市县域行政区划、地形和其主要交通设施空间分布

2 研究方法

交通优势度是评价区域交通优势高低的一个集成指标^[12], 其核心是通过定量测算和分析, 对研究区域各单元在更宏观区域背景下交通条件的相对优劣水平做出客观评价。本文借鉴典型交通优势度数学模型、评价指标和评价方法, 同时通过引入交通网络密度、交通干线影响度和区位优势度影响因子的基础上, 同时, 鉴于长江干流途经县市三级阶梯的地势特性, 通过引入地形起伏度因子对典型交通优势度模型进行修正, 上述 4 个要素作为交通优势度评价体系 (表 1) 的指标, 在构建交通优势度模型的基础之上, 借助 GIS 空间分析和建模技术测算出研究区单元的交通优势度。同时, 借助 GIS 制图分析技术, 对交通优势度的空间格局进行分析和评价。最后, 探讨长江沿岸城市的空间格局的特征和成因。

表 1 区域交通优势度的要素评价指标体系

目标	准则	指标
区域交通优势度	路网密度	高速公路
		国道
		省道
	交通干线影响度	铁路
		机场
		港口
	区位优势度	与中心城市的距离
	地形起伏度	DEM 数字高程数据

2.1 交通网络密度

在长江干流沿岸城市的交通网络主要包括公路、铁路、航空和水路运输 4 种形式,其中公路运输是最为普遍的运输方式,对沿线上的区域均有影响,对交通优势度有基础的保障作用,因此在计算网密度时以公路作为计算主体更加合理,如式(1)所示。

$$A_i=L_i/E_i$$

(1)

式中: A_i 为*i*区域的公路网密度; L_i 为*i*区域内公路里程; E_i 为*i*区域面积。

2.2 交通干线影响度

鉴于铁路作为重要的交通方式具有稳定、安全、高效便捷、辐射范围广和全天候服务的普适性等优势,同时,高铁对区域交通的流量和通达性具有决定性的影响。同时,考虑航空输运具有快速、机动的特点,是远程运输的重要方式。进一步,考虑长江干流沿岸港口分布众多、水运通达,具有大规模货运和客运运输能力,水路运输是其重要低成本的运输方式。最后,还要考虑铁路、航空和水路运输方式是基于站点提供服务的,因此,参考《省级主体功能区划分技术规程》对交通干线影响度的评价标准和方法,有测算方法:

$$B_i=\sum_{m=1}^MB_{im}$$

(2)

式中: B_i 为*i*地区所有交通干线技术等级的影响度; B_{im} 为*i*地区*m*种交通干线的影响度。

2.3 区位优势度

长江干流沿岸中心城市作为区域发展的核心地带,具有经济发达,交通水平高的特点,距离中心城市的远近能反映出该区域外向连接的程度,区位优势度主要是评价研究单元在研究区域中的中心城市的交通便捷度和优劣性,因此采用的计算方法是计算各个研究单元到中心城市的最短距离,根据距离中心城市的权重赋值表(表 3)来对交通距离进行分级赋值。

表 2 交通干线技术水平权重分配

类型	子类型	标准	权重赋值
铁路	高铁	拥有高铁线路	2
		距离 30km 距离	1.5
		其他	0
	普通铁路	拥有普通单线铁路	1
		距离 30km 距离	0.5
		其他	0

机场	干线机场	拥有干线机场	1
		距离 30km 距离	0.5
		其他	0
	支线机场	拥有支线机场	0.5
		其他	0
港口	海港	拥有海港	1
		距离 30km 距离	0.5
		其他	0
	河港	拥有河港	0.5
		30km 距离	0
		其他	0.5

$$C_i = \sum_{k=1}^n C_{ik}$$
(3)

其中:C_i是区位优势度;C_{ik}是研究单元受到中心城市 k 影响的区位优势度。

表 3 距离中心城市的权重赋值

距离 (km)	中心城市等级		
	一	二	三
0~100	2.0	1.5	1.0
100~200	1.5	1.0	0.5
200~400	1.0	0.5	0
400~600	0.5	0	0
>600	0	0	0

2.4 地形因子影响度

地形因子主要包括海拔、坡度,地形起伏度和地表粗糙度等要素。其中,地形起伏度能够比较客观地反映研究区域内的地形破碎程度和高程变化幅度,起伏度越大,海拔变化急剧,交通网络空间变化越剧烈,从而对交通优势度产生一定影响。本文选取地

形起伏度作为自然地形影响因子,不同于将自然地形因子作为修正系数,而是将地形起伏度作为一项影响因子,并对其进行量化分级,并进行归一化处理和权重赋值,从而计算得到各个研究单元 i 的地形平均起伏度 D_i 。

2.5 交通优势度模型

基于交通优势度的基本概念界定和数学模型,对路网密度、交通干线影响度、区位优势度和地形起伏度进行无量纲化和集成,采用层次分析法获取四项指标的权重,通过 GIS 空间分析和建模自动测算各县市研究单元的交通优势度。

通过公路网络密度、交通干线影响度、区位优势度和地形起伏度的集成来评价研究单元的交通优势度。首先将指标进行归一化处理,再进行加权求和,得到计算公式:

$$S_i = w_1 A_i + w_2 B_i + w_3 C_i + w_4 / D_i \quad (4)$$

式中: S_i 为 i 单元的交通优势度系数; A_i, B_i, C_i 和 D_i 分别为公路网络密度,交通干线影响度,区位优势度和地形起伏度的无量纲值; w_1, w_2, w_3, w_4 为四指标权重,系数越大表明该单元交通优势度越好。

2.6 GIS 空间分析、建模和制图分析

在构建交通优势度数学模型的基础上,借助 GIS 空间分析和建模技术,利用 Model Builder 结合迭代器,通过循环调用 Arc tool Box 工具箱的数据管理、空间分析和文件转换工具,构建模型实现路网密度、干线影响度、区位优势度和地形起伏度 4 个模型要素的自动测算。同时,通过制图分析技术对研究区域的交通优势度的格局进行解析并分析,技术流程(图 3)主要包括 5 个计算和分析步骤:

(1) 基于路网密度数学模型和 GIS 空间分析的方法,利用要素选择迭代器 (Iterate Feature Selection) 结合空间连接 (Spatial Join) 工具和计算几何工具 (Calculate Geometry) 操作分别测算出各县域单元内高速、国道和省道路网长度的里程数。同时,利用字段计算器工具 (Field Calculator) 和统计求和工具 (Summary Statistics) 结合路网密度公式,可以求得各个研究单元的路网密度值。然后,利用符号化 (Symbolology) 工具结合根据密度字段值,实现各县域单元路网密度的数量化分级显示和成图。

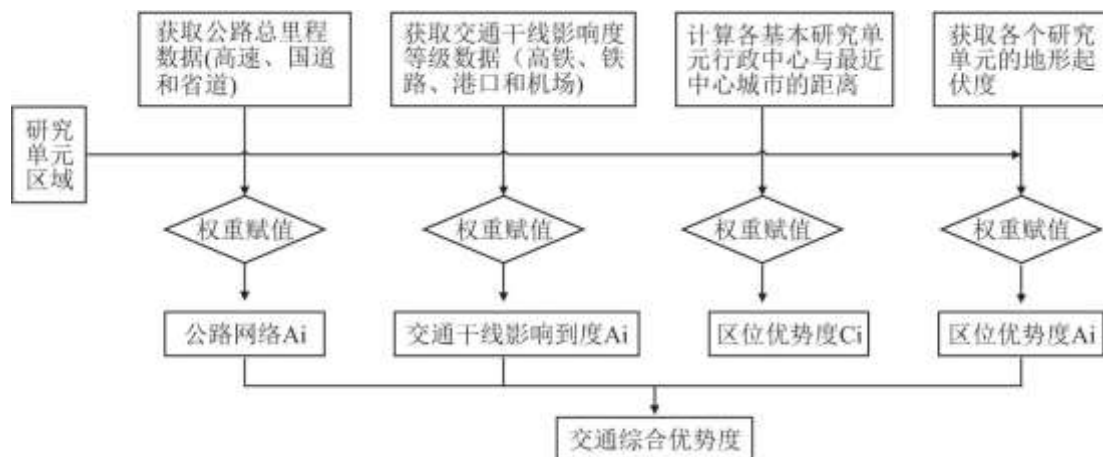


图 3 交通综合优势度测算的技术流程图

(2) 基于路网密度数学模型, 利用空间连接 (Spatial Join) 工具, 对各縣市单元内的高铁、铁路、机场和港口各种类型的交通干线或点要素进行求交 (Intersect) 空间分析, 分别提取出各县市面要素的交通设施及数量。同时, 利用缓冲区分析工具 (Buffer) 相应技术等级 (如 30km) 作对交通设施可以采用, 并利用 Field Calculator 工具, 根据其面积占其所在研究区域单元的面积比计算出交通干线影响度。然后, 利用符号化工具 (Symbology) 结合密度字段值实现交通干线影响度的数量化分级显示和成图。

(3) 根据对经济发展水平的评价, 选取长江干流中心城市行政单元面要素, 利用行选择迭代器 (Row Selection) 结合点距离 (Point Distance) 工具测算出中心城市与各县域单元的空间距离, 并利用统计 (Summary Statistics) 工具结合城市等级和距离权重汇算出各县域单元的区位优势度并生成每个县域单元的表格。同时, 利用空间连接 (Spatial Join) 工具将每个县域表与县域的面要素进行空间连接, 并结合合并 (Merge) 工具生成各县域单元的区位优势度。最后, 利用符号化工具 (Symbology) 结合区位优势度字段值实现区位优势度的数量化分级显示和成图。

(4) 利用迭代栅格 (Iterator Rasters) 迭代器结合区域统计工具 (Zonal Statistics) 分别测算出各县域单元高程的最大值和最小值, 并结合栅格计算器 (Raster Calculator) 工具循环计算出各县域栅格的地形起伏度并将其转换成面状要素。同时, 利用 Spatial Join 工具将对各县市单元面要素和地形起伏度面要素进行求交 (Intersect) 空间分析, 分别提取出各县域单元面状要素的地形起伏度, 并利用字段计算器 (Field Calculator) 结合 VbScript 脚本程序对地形起伏度字段的值进行分级和归一化处理。最后, 利用符号化 (Symbology) 工具结合地形起伏度字段值, 实现各县域单元地形起伏度的数量化分级显示和成图。

此外, 利用 Model Builder 将上述四个操作步骤分别构建成模型, 即路网密度模型、交通干线影响度模型、区位优势度模型和地形起伏度模型。同时, 基于交通优势度数学模型, 对上述模型构建的结果作进一步的汇总, 计算出各县市的交通优势度数值, 利用符号化 (Symbology) 工具结合交通优势度字段值, 实现各县市单元交通优势度的数量化分级显示和成图。最后, 利用全局自相关 Moran' I 指数工具对各县市单元的交通优势度进行空间自相关分析, 从整体上判别空间是否存在集聚或异常值, 并进行制图和分析, 从而实现对其交通优势度空间格局及其成因的解析。

3 交通优势度的空间格局

3.1 交通网络密度的空间格局

以公路网作为交通网络密度的评价主体, 选择高速公路、国道和省道的里程为测算对象, 得到研究区县域单元的公路通车里程总和。同时, 为表现高速、国道和省道对研究区的影响范围及程度的差异, 对 3 者赋予不同的权重, 分别为 0.5、0.3 和 0.2, 进一步利用公式 (1) 结合空间连接、字段计算器和计算几何工具测算出各城市的路网密度 (图 4)。

从路网密度数值的角度分析, 其公路网密度的平均值为 $0.123\text{km}/\text{km}^2$ 。其中, 长三角平原地区的江阴市为最大值 ($0.365555\text{km}/\text{km}^2$), 是其过境的高速、国道和省道数量多、里程长。泸州市为最小值 ($0.0055939\text{km}/\text{km}^2$), 是其境内高速里短, 同时国道和省道数量很少。同时, 受经济发展水平的影响, 中心城市重庆、武汉、南京和上海路下辖的市区的路网密度也较高, 分别为 0.201525 、 0.239618 、 0.287774 和 $0.34349\text{km}/\text{km}^2$ 。此外, 下游三角地区的马鞍山、常熟和镇江的路网密度也较高, 分别为 0.217443 、 0.222523 、 $0.188691\text{km}/\text{km}^2$ 。武汉市区作为省城市由于地形较低且起伏度较小, 且受区位优势和经济发展的影响, 其路网密度十分突出 ($0.239618\text{km}/\text{km}^2$), 重庆市的地形起伏较大, 但由于其是重点建设直辖市, 道路基础设施建设与经济发展水平相适应, 其路网密度也比较突出 ($0.201525\text{km}/\text{km}^2$)。由此, 路网密度存在一定的空间集聚、空间差异和空间分异, 形成下游中心城市及其周边高, 中上游中心城市较高及其周边县域较低的空间格局。

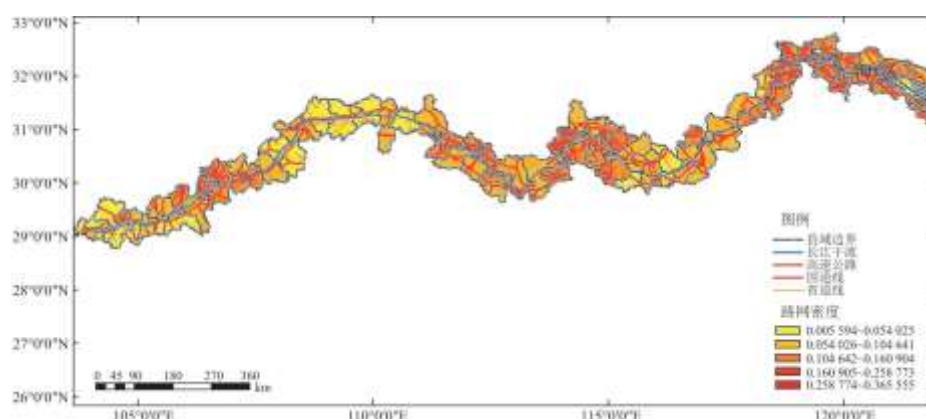


图 4 长江沿岸县域公路网密度的空间格局

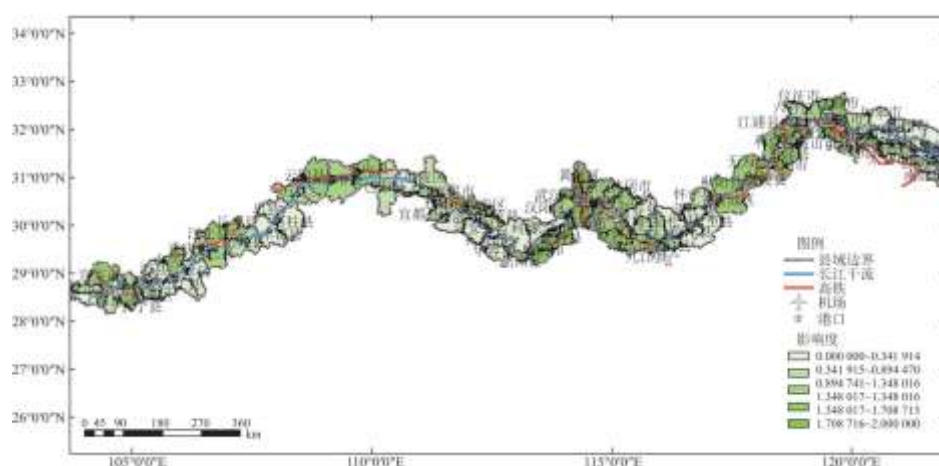


图 5 长江干流县域交通干线影响度的空间格局

从路网密度的空间格局分析,下游县市由于受沿海区经济发展和区位优势双重作用的影响,其路网密集程度普通高,形成上海、南京和苏锡常的长三角高密聚集区,其下辖的县市的路网密度水平普遍高于中上游地区的县市。同时,中西部地区的武汉和重庆两个中心城市的交通网络密集程度也比较高,且低于平均值以下的县市大部分是位于地势较高的区域。同时,路网密度并与其经济发展水平密切相关,主要是上海、南京、武汉、和重庆等重点建设的中心城市,围绕各自中心城市依次降低,总体上呈现多核心的空间格局。

3.2 交通干线影响度的空间分布格局

交通干线影响度的等级指标主要包括高铁、铁路、机场和港口的技术等级指标。由于长江干流沿岸城市以客运和货运为主,水上运输较多,且存在较多的港口和码头,但主要以货运为主,同时,考虑水路运输时效较低,因此,本文选择高铁、铁路、机场和港口作为交通干线影响度评价指标,并采用人工分类赋值的方法,计算各区域不同交通干线的技术等级赋值,并进行加权汇总。通过计算得到各县域单元的交通干线影响度的值从 2.0 到 0 (图 5)。中下游地区的中心城市武汉、南京和上海下辖的县市及其周边县市,其境域多处于高铁、铁路网络站点连接结点或受其辐射,且其境域内均有港口和飞机站点辐射,因此,其交通干线影响度最高值(2.0)。同时,上游的中心城市重庆,其境域也有高铁、铁路网络覆盖,且其境域内均有港口和飞机站点覆盖,其交通干线影响度也高(1.984),而区域内缺少高铁、铁路网络站点辐射的县域,或其境域内缺少港口和飞机站点辐射,其交通干线影响度较低,其影响度仅为 0~1, 占整个区域的 48.194%,说明这些县域内交通干线设施缺乏,或距离主要的交通干线较远,交通干线对这些地区

的发展具有较低的支撑能力。

从交通干线影响度的空间格局分析,下游地区的县市由于受沿海区经济发展和区位优势双重作用的影响,其交通干线覆盖程度普通高,形成上海、南京和苏锡常的长三角高影响度的核心聚集区,其下辖的县市的交通干线影响度水平普遍高于周边地区的县市。同时,中游地区的武汉和上游重庆两个中心城市的交通干线影响也比较高,且围绕各中心城市依次呈阶梯式降低。上海、南京、武汉、和重庆等交通干线重点建设的中心城市普遍偏高,且总体上呈现多核心格局,但由于受交通干线广泛的辐射作用,其空间集聚效应并不明显,且空间分异明显。

3.3 区位优势度的空间分布格局

长江干流城市交通和经济发展水平普遍较高,且拥有很多省会城市和直辖市,呈现以中心城市为核心的多核心格局。同时,参考最新中国各市的 GDP 排名、人口规模和社会发展水平,选择干流途经的重庆、武汉、南京和上海作为中心城市。进一步,参考其直辖市、省会城市和地级市的行政级别划定,将中心城市的等级划分为一、二和三个等级,权重值分别为 3, 2, 1, 且在相同距离下逐渐递减。

从所得到的区域优势度的空间分布格局(图 6)分析,上游地区的中心城市重庆及其下辖的周边区县为(2.5),中游地区的中心城市武汉及其下辖的周边区县为(2.0),下游地区的中心城市南京和上海下辖的周边区县分别为(5.5)和(3.5),其余县域的优势度为(1.5~2.5),各县域与上述不同级别各中心城市的行政隶属关系、空间距离和经济联系等诸多因素,共同决定其是否被各中心城市所接受。

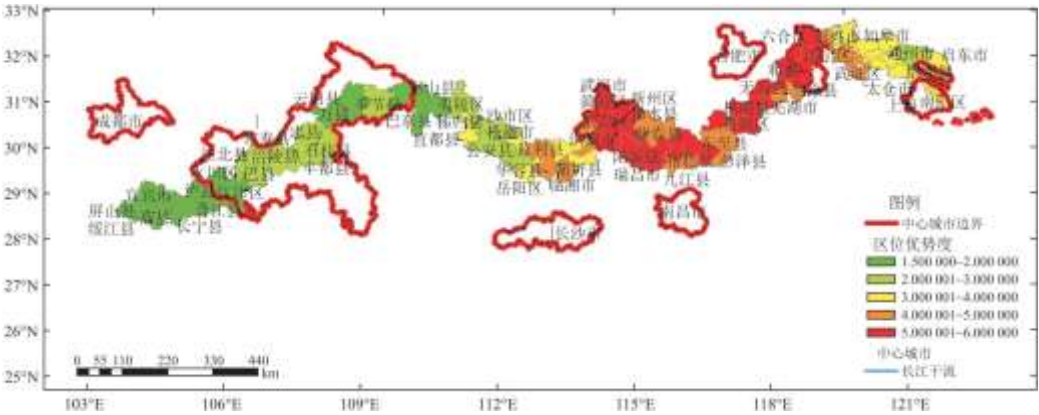


图 6 长江干流县域区位优势度的空间格局

3.4 地形起伏度的空间分布格局

长江干流由青藏高原西部内陆延伸至东海,其地形呈三级阶梯的地势特性,通过对地形起伏度的空间格局(图 6)分析,上游地区的已东-巫山县是巫山山脉与四川盆地,其起伏最大(2991m),重庆市及周边的县市也较高,其地形起伏度平均为(1674m)。平均值为 200m),中游地区的中心城市武汉周边县市的地形起伏度较低,平均值为(112m),下游的中心城市及其南京周边的县市的地形起伏度也较低(296m)。下游的上海及其周边处于长江三角洲冲击平原,所以地形起伏度均低于其他研究区域。中部地区地形起伏度处于两者之间,在中地区的起伏度普遍相对较高,即武汉及其周边地区仍存在一定高的起伏度,但处在相邻起伏较低的区域包围下,交通上要承担起连接南北的能力,对交通优势度的影响较小。

3.5 交通优势度的空间分布格局

基于交通优势度的基本概念界定和数学模型,对路网密度、交通干线影响度、区位优势度和地形起伏度进行无量纲化并集成,采用层次分析法获取四项指标的权重,得到各研究单元的交通优势度。对交通优势度进行空间自相关分析,判别长江干流县域交通优势度是否存在集聚效应;同时运用直方图和量化分级,根据交通优势度对研究单元划分梯级,统计分析得到长江干流途经的108个县市交通优势度。

表 4 交通因子及其指标权重

交通优势度因子	路网密度	交通干线影响度	区位优势度	地形起伏度	权重
路网密度	1	4/5	2/3	5/3	0.259
交通干线影响度	5/4	1	3/2	3/2	0.311
区位优势度	3/2	2/3	1	2	0.283
地形起伏度	2/5	2/3	1/2	1	0.147

根据交通优势度模型的集成计算公式,将4个指标进行整合,并结合层次分析法进行指标权重的分配,通过构造矩阵(表4),最终计算得到权重分别是0.259,0.311,0.283,0.147。得到长江干流县域交通优势度的值从0.487~2.496,其空间格局如图7所示。

采用全局自相关MoranI指数测算空间邻接或空间邻近的区域单元属性值的相似程度,并判断29个重要市的交通优势度是否存在空间上的集聚效应,从空间自相关MoranI指数汇总(图8)可以看出,综合交通优势度的MoranI指数为0.840,在0~1之间,z值为13.353且为正值显著,表示具有正的空间自相关,趋于空间集聚。

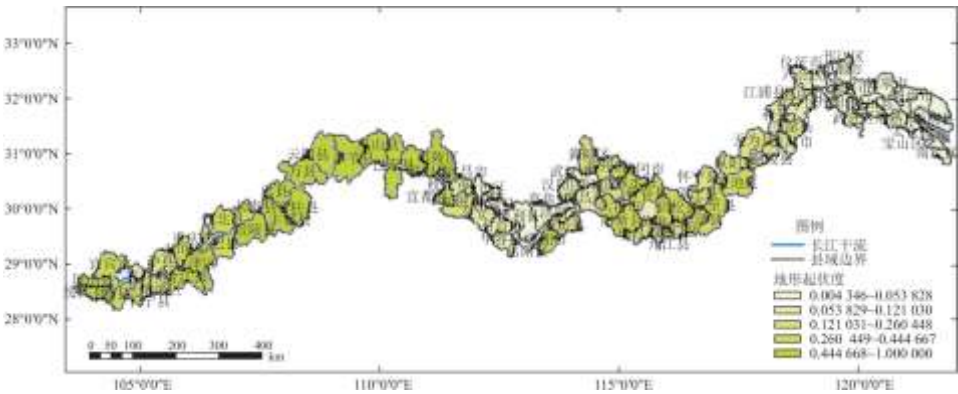


图 7 长江干流县域地形起伏度的空间格局

通过分析可以看出,长江干流县域的交通优势度存在高值或低值的集聚效应;同时,结合交通优势度的空间格局分析,下游长江三角地区的上海、南京、苏州、无锡、镇江和常州等城市处于高值集聚区,而以重庆为中心的几个城市普遍交通水平较低,存在低值集聚的现象。此外,通过频率直方图统计(图9),并对108个主要县市进行梯度分级(表5),可以发现:该地区交通优势度整体呈现“偏”正态分布,优势度高于2的研究单元有7个,大都位于长三角地区的南京及其周边地区,最高梯度等级的是位于下游的长三角地区,而上游的重庆及其周边地区作为长江干流的起始地,由于所处地势较高,属于第三梯级,其整体交通水平较低。总体上,东部沿海交通优势度最高,中西部中心武汉——重庆向周边县域递减,并且交通优势度较高的区域大部分聚集在长三角地区,

且呈东西走向并存在一定程度的空间分异。

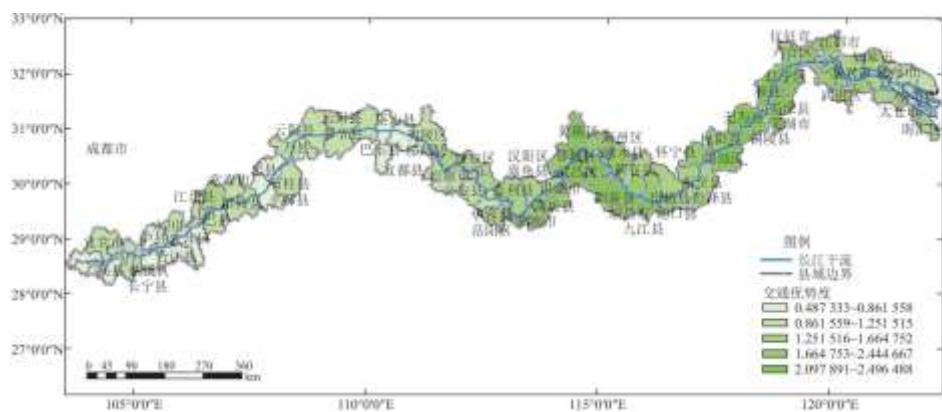


图 8 长江干流县域城市交通优势度的空间格局

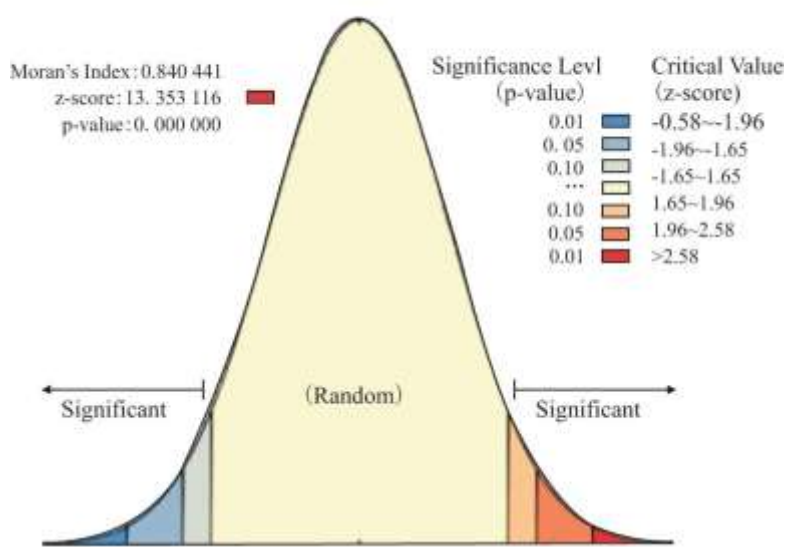


图 9 空间自相关 MoranI 指数

表 5 长江干流县域城市交通优势度梯度分级

梯级	交通优势度	县市名称
高	2.0060968~2.4964876	汉阳区、武进区、六合区、丹徒区、新洲区、黄冈市、丹阳市、嘉鱼县、贵池区、九江县、无为县、瑞昌市、九江区、阳新县、大冶市、和县、芜湖市、繁昌县、当涂县、黄陂区、安庆市、鄂城区、武昌区、江浦县、黄石市、马鞍山市、鄂城市、武汉市、江宁区、南京市、铜陵县
中	1.0272144~2.0	海门市、石首市、南通市、通州市、松滋市、公安县、云阳县、云阳县、巫山县、奉节县、崇明县、江安县、巴县、启东市、永川区、长宁县、宜都县、宜宾市、华容县、如皋市、江北县、洪湖市、江陵县、南

		汇区、泰兴市、沙洲县、重庆市、浦东新区、常熟市、蕲春县、太仓市、监利县、东至县、靖江市、望江县、沙市区、枝江市、彭泽县、宿松县、宜昌市、江都市、浠水县、扬中市、仪征市、宝山区、荆州市、上海市区、湖口县、黄梅县、怀宁县、蒲圻县、广济县、邗江区、临湘市、岳阳区、镇江市、枞阳县、江阴市
低	0.4873326~ 1.0	长寿县、绥江县、水富县、合江县、屏山县、泸县、江津区、泸州市、秭归县、丰都县、高县、忠县、纳溪区、巴东县、石柱县、涪陵县、常寿县、宜宾县、夷陵区、万县、南溪县

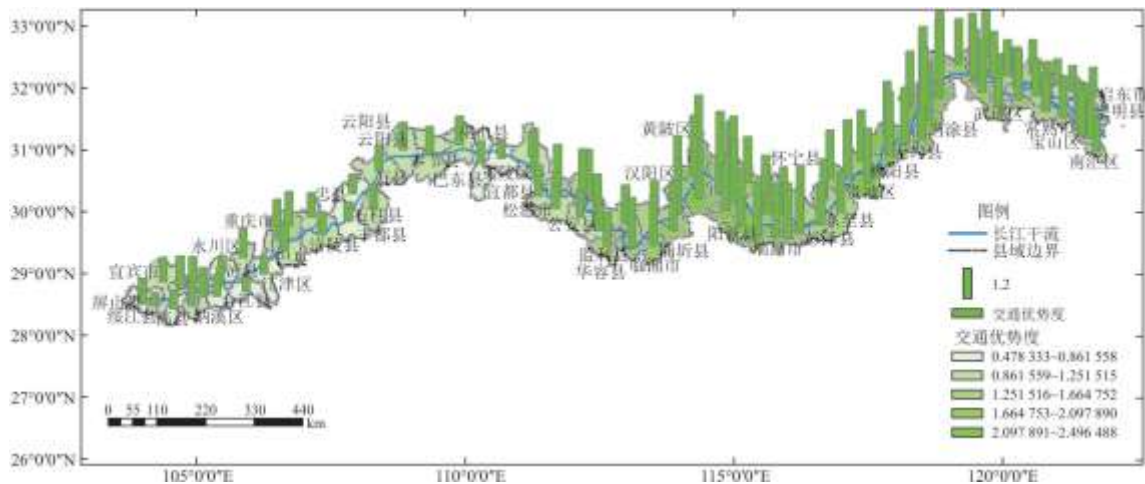


图 10 长江沿岸城市交通优势度的频率分布直方图

4 交通优势度的特征和成因解析

从交通优势度的空间分布格局分析,长江干流下游地区县域的交通优势度高于上游地区,东部地区城市县域的交通优势程度普遍高于中西部地区。其中,长三角地区及其邻区的优势度最高,重点中心城市和沿海地区城市较高。西部地势较高地区县域的交通优势度相对较差,上中下游和东中西部地区存在的差异也反映了交通基础设施建设和经济发展综合作用的结果,同时,也反映了该区域发展的能力和发展潜力的差异。

目前,长三角地区的上海和南京两个中心城市及及周边区域的县市,由于其与东部沿海地区相距较近,是交通优势程度相对突出的核心区。中部地区的武汉及其周边地区,由于高速铁路南北延伸的趋势明显,交通优势相对较高。重庆及其周边地区地势较高,但交通设施与区位结合明显,交通优势相对较高,随着高速铁路建设,反映出这些地区是该区域未来发展较有潜力的地区,其交通基础设施对区域发展具有较高的支持能力。

由于长江干流途经县市普遍受到中心城市的辐射影响,工农业基础普遍较好,经济发展较好。其中,工业和高新技术方面比重较大,是我国重要的制造业生产基地,也是我国重要的工业和农产品出口集聚区,中西部地区由于地势较高,农业生产效率较低,基础设施建设成本偏高,同时,由于西部地方政府财力薄弱,城市化进程较慢,表现在基础设施建设长期滞后,区域发展整体竞争力不强,城市开发的政策和条件需要进一步加强和改善。

交通优势度的基本格局、空间集聚和空间分异是国家干线建设、流域和地貌等因素综合作用的结果。长江干流沿岸城市自然资源丰富,现代产业具有良好的基础,同时,作为人口和经济活动的重要承担区,其明显的区位优势可作为吸引产业集聚的有利

条件。此外, 高速铁路的发展能进一步可促进沿岸城市的建设和经济均衡发展, 使得交通基础设施布局会更加平衡。

5 结论与展望

本文借鉴《省级主体功能区规划》的技术流程和评价方法, 采用公路网络密度、交通干线影响度、区位优势度为评价指标, 并通过引入地形起伏度因子修正交通优势度模型。在此基础上, 以长江干流经过的 29 重点城市为研究区域, 选取其下辖的 108 个县市为研究单元, 综合运用 GIS 空间分析、建模和制图技术, 分析了长江干流沿岸县域交通优势度的空间格局并解析了其成因, 通过理论模式梳理、模型构建和实验实证分析可以得出以下结论:

(1) 长江干流县域路网密度的空间分布格局存在多个中心城市及其周边县域的空间集聚, 且空间分异明显, 形成下游中心城市及其周边县域高, 中上游中心城市较高及其周边县域较低的空间格局。

(2) 长江干流县域交通干线影响度空间分布格局呈现多个中心城市构成的核心聚集区, 形成上中下游辐射连接, 围绕各中心城市依次呈阶梯式降低。由于受交通干线广泛的辐射作用, 其空间集聚效应并不明显, 且空间分异明显。

(3) 长江干流县域区位优势度取决于各县域与上述不同级别各中心城市的行政隶属关系、空间距离和经济联系等诸多因素, 共同决定其是否被各中心城市所接受, 其空间分布格局呈现一定程度的空间集聚, 且聚效应明显, 但空间分异也较明显。

(4) 长江干流县域地形起伏度受各县域天然地貌影响明显, 其空间分布格局呈现三个阶梯的高起伏度空间集聚区、较高起伏度集聚区和低起伏度集聚区, 空间集聚效应明显, 且局部空间分异明显。

(5) 长江干流县域交通优势度受研究单元覆盖的路网、交通干线、区位优势和地形诸因子综合作用的影响, 促成交通优势度多样化的空间分布格局, 呈现明显的“偏”正态分布特征, 存在高值或低值的空间集聚效应, 空间集聚效应明显, 同时, 由于交通优势度的测算结果取决于各因子权重大小、数量和质量因素的综合作用, 其局部呈现明显的空间分异。

此外, 长江干流县域交通发展水平与经济建设和城市发展水平密切相关, 随着长江经济带建设上升为国家发展战略, 一方面, 发挥规划中的长江三角洲、长江干流中游和上游城市群的区域核心辐射带动作用, 打造长江干流沿岸经济带三大增长极。同时, 以长江黄金水道为依托, 发挥上海和重庆两个直辖市及南京、武汉两个省会城市的核心影响作用, 带动周边城市的建设和经济发展; 进一步, 发挥长江主轴线两翼的辐射带动作用, 向南北两侧腹地延伸拓展, 提升南北两翼支撑力。形成“一轴、两翼、三极和多点”的发展态势。因此, 长江干流县域城市要实现自身城市建设和经济跨越发展的同时, 还需发挥中心城市“核心”增长极辐射的优势, 利用自身的优势协同周边地区共同发展。通过沿海带动内陆, 同时通过优化城市内、外部交通基础设施的建设, 以产业的发展壮大促进城市交通建设的进一步完善和升级, 不断增强长江沿岸核心城市周边辐射和影响的范围。最后, 随着长江经济带“一轴、两翼、三极和多点”空间结构格局的逐步形成, 长江干流县域城市的交通基础设施也将会更加完善和优化, 最终为使长江经济带成为中国中部和东部地区协调发展的示范区提供基础支撑和保障作用。

参考文献:

- [1] 吴威, 曹有挥, 曹卫东, 等. 长三角地区交通优势度的空间格局[J]. 地理研究, 2011, 30(12): 2199-2208.
- [2] 徐旭, 曹小曙, 闫小培. 不同指标下的穗港城市走廊潜在通达性及其空间格局[J]. 地理研究, 2007, 26(1): 179-186.
- [3] 曹小曙, 薛德升, 闫小培. 中国干线公路网络联结的城市通达性[J]. 地理学报, 2005, 60(6): 25-32.

-
- [4]金凤君,王姣娥. 20 世纪中国铁路网扩展及其空间通达性[J]. 地理学报, 2004, 59(2):293-302.
- [5]李平华,陆玉麒. 可达性研究的回顾与展望[J]. 地理科学进展, 2005, 24(3):69-78.
- [6]金凤君,王成金,李秀伟. 中国区域交通优势的甄别方法及应用分析[J]. 地理学报, 2008, 63(8):787-798.
- [7]王成新,王格芳,刘瑞超,等. 区域交通优势度评价模型的建立与实证——以山东省为例[J]. 人文地理, 2010, 25(1):113-116.
- [8]孙威,张有坤. 山西省交通优势度评价[J]. 地理科学进展, 2010, 29(12):1562-1569.
- [9]张新,刘海伟,董文,等. 省级主体功能区划的交通优势度的分析与应用——以河北省为例[J]. 地球信息科学学报, 2011, 13(2):170-175.
- [10]吴旗韬,张虹鸥,叶玉瑶,等. 广东省交通优势度及空间差异[J]. 热带地理, 2012, 32(6):633-638, 646.
- [11]周宁,郝晋珉,邢婷婷,等. 黄淮海平原地区交通优势度的空间格局[J]. 经济地理, 2012, 32(8):91-96.
- [12]蔡安宁,梁进社,李雪. 江苏县域交通优势度的空间格局研究[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(2):129-135.
- [13]孟德友,沈惊宏,陆玉麒. 河南省县域交通优势度综合评价及空间格局演变[J]. 地理科学, 2014, 34(3):280-287.
- [14]程佳佳,王成金,刘卫东. 西北地区交通优势度格局及空间分异[J]. 地球科学进展, 2016, 31(2):192-205.
- [15]王峰,刘安乐,张斌丰,等. 云南省交通优势度与旅游产业发展水平空间耦合态势研究[J]. 世界地理研究, 2014, 23(2):166-175.
- [16]周鹏,白永平,马卫. 县域交通优势度与经济潜能测度及空间格局演变研究[J]. 地域研究与开发, 2015, 34(5):42-46.
- [17]陈永林,谢炳庚,钟业喜,等. 县域交通优势度与经济空间关联——以江西省为例[J]. 地域研究与开发, 2014, 33(5):21-26.
- [18]黄晓燕,曹小曙,李涛. 海南省区域交通优势度与经济发展关系[J]. 地理研究, 2011, 30(6):985-999.
- [19]王武林,杨文越,曹小曙. 中国集中连片特困地区公路交通优势度及其对经济增长的影响[J]. 地理科学进展, 2015, 34(6):665-675.
- [20]杨雅楠,阿里木江·卡斯木. “一带一路”背景下新疆城镇交通优势度与区域经济发展水平的关系分析[J]. 干旱区地理, 2017, 40(3):680-691.
- [21]闵敏,苗长虹,胡志强,等. 基于地形修正的河南省县域交通优势度评价及与经济发展的空间耦合研究[J]. 地域研究与开发, 2018, 37(5):37-42.

[22]钟洋,林爱文,周志高.长江中游城市群交通优势度与经济发展水平互动关系研究[J].经济问题探索,2019(5):82-88.

[23]沈非,黄薇薇,李大伟,等.安徽省县域公路交通与经济发展空间格局及耦合研究[J].长江流域资源与环境,2019,28(10):2309-2318.