

山西省县域可达性及城市经济联系格局

史琴琴^{1,2}, 康江江³, 鲁丰先^{1,2*}, 赵凯娜¹, 任世鑫¹

(1. 黄河中下游数字地理技术教育部重点实验室, 河南大学环境与规划学院, 河南 开封 475004; 2. 中原经济区“三化”协调发展河南省协同创新中心, 郑州 450046; 3. 华东师范大学中国现代城市研究中心, 上海 200062)

摘要:综合运用加权平均旅行时间模型、修正后的引力模型、主成分分析、地统计分析、空间探索性分析、多元线性回归分析等技术模型和方法,对山西省107个研究单元的可达性及城市经济联系格局进行分析。结果表明:①整体来看,山西省可达性水平形成以太原盆地城镇密集区为核心,向外围逐渐递减的核心—边缘分布格局;局部来看,东部可达性优于西部,南部优于北部。②县际经济联系空间结构呈“大”字形,初步形成“一核一圈三群”的空间联系格局;城市对外联系总量差异较大,空间上表现为以省会和个别综合实力较强的单元为主的中心—外围格局,西部沿黄河一带的边缘单元与全省其他单元联系微弱,对外联系强度小;各省辖市与北京、石家庄、西安、济南、郑州联系紧密,与银川、兰州等西部省会城市联系较弱。③县际经济联系受城市基础规模、交通优势度、区位、城市化水平、地形等因素影响。

关键词:可达性;县际经济联系;空间格局;影响因素;山西省

1 引言

可达性研究起源于古典区位论,可达性的概念由Hansen(1959)首次提出,即交通网络中各节点相互作用机会的大小。其中,城市可达性是建立在交通条件基础上的不同规模等级的城市间资金、技术、信息、人才等不同流要素在空间上的可进入性,决定着城市间交流的通畅程度、城市的地位、作用和竞争力以及未来的发展潜力,对于城市经济社会的发展有重要影响(李一曼等, 2014; 梅志雄等, 2014)。因此,通过量化城市可达性及城市间相互联系的强度和空间导向,可以明确各城市在区域中的地位 and 作用,进而为该区域的合理发展及功能定位提供相关的理论依据和决策支持。

城市可达性研究已趋成熟,国外相关研究主要集中在交通系统建设对可达性的改善及可达性对区域发展的影响等方面。高速公路、高速铁路等交通系统的建设可大幅减少城市间旅行时间进而提

高城市和区域的可达性(Gutiérrez, 2001; Holl, 2007),且在区域交通建设中区域边缘区的收益最大(Keeble et al, 1982),对促进区域协调发展具有重要意义。国内学者基于公路、铁路、航空等不同交通运输方式对全国层面的城市可达性进行了研究,发现可达性从沿海向内陆逐渐降低,在“胡焕庸线”两侧差异明显,形成核心—边缘和“反自然梯度”空间格局(吴威等, 2009; Jin et al, 2010; 王振波等, 2010; 嵇昊威等, 2014; 王成金等, 2014; 蒋海兵等, 2015)。城市圈和省域层面的可达性则沿道路交通网呈现由核心—边缘、单中心圈层向多中心圈层、廊带状空间结构转变(李亚婷等, 2010; 陈少沛等, 2014; 刘承良等, 2014)。随着研究尺度的细化,以中心城镇为核心的核心—边缘状的空间特征更为显著(段德忠等, 2015)。在可达性基础上进一步研究城市经济联系时,发现城市可达性与经济联系强度具有显著的正相关性(刘传明等, 2011)。城市经济联系受众多因素耦合影响,是城市经济联系的“触

收稿日期:2016-07;修订日期:2016-10。

基金项目:国家自然科学基金项目(41671536) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41671536]。

作者简介:史琴琴(1990-),女,山西临汾人,硕士生,主要研究方向为城市—区域综合发展,E-mail: shiqinqin_1314@126.com。

通讯作者:鲁丰先(1974-),男,河南南阳人,博士后,副教授,主要从事区域可持续发展等研究,E-mail: lfxhenu@126.com。

引用格式:史琴琴,康江江,鲁丰先,等. 2016. 山西省县域可达性及城市经济联系格局[J]. 地理科学进展, 35(11): 1340-1351. [Shi Q Q, Kang J J, Lu F X, et al. 2016. Accessibility and urban economic linkages of counties in Shanxi Province[J]. Progress in Geography, 35(11): 1340-1351.]. DOI: 10.18306/dlkxjz.2016.11.004

发器”。交通条件改善提高城市可达性,进而增强城市间经济联系(Willigers et al, 2011; 王丹丹等, 2015; 王妙妙等, 2016)。因此,无论从国家还是区域层面上,城市间经济联系的交通指向性和近域性都比较显著,并且在沿交通主要干线方向上存在空间极化现象(孟德友等, 2012; 徐维祥等, 2013; 尹鹏等, 2014)。此外,城市经济联系也受到经济要素的集聚与扩散、政策激励与引导等因素的影响(郑文升等, 2016)。纵观已有研究,尺度多样,既有洲际、国家、省域、经济带(曹小曙等, 2015)等宏观尺度,也有小区(汪德根等, 2015)、社区(李威等, 2016)等微观尺度。从研究领域来看,不仅从公路、铁路、航空等单一运输方式及各种交通方式组合下对区域可达性及经济联系进行研究,而且越来越多的关注道路交通条件改善对城市经济联系产生的效应。从研究方法来看,目前常用的有潜力模型(Djankov et al, 2002)、引力模型(孟德友等, 2012)、累积机会模型(Wachs et al, 1973)、距离法(蒋海兵等, 2015)、基于矩阵的拓扑算法(刘承良等, 2014),以及基于多种模型与方法的对比分析等,方法模型的多样化发展趋势明显。但是,多数学者所关注的地域主要集中在发达地区,对中西部欠发达地区尤其是地形地貌条件复杂的区域关注较少。在城市联系模型修正方面,大多为修正距离或人口与经济指标,将二者有效地结合起来的统一修正略显不足。此外,在探究影响因素的过程中,定量的综合因素测度尤其是对自然条件的定量测度较少,而对于地形地貌相对复杂的区域而言,自然条件对可达性和经济联系的影响是十分重要的。

山西省境内地貌类型复杂多样,山地、丘陵面积占全省土地总面积的80.1%,道路网络受地形地势制约,对内对外交通联系不便。作为典型的煤炭资源型大省,随着近年煤炭经济的普遍衰落,经济增量与增速衰退明显。在经济新常态与区域协调发展的背景下,不断改善区域交通条件,增强省内外城市间经济联系与跨区域经济协作,推动自身资源优势转变为市场和经济优势,对于打破目前山西所处的困境显得尤为重要。基于此,本文基于城市间公路和铁路交通网络的最短旅行时间数据,利用复合指标计算的城市综合实力修正可达性模型及引力模型,研究山西省县级单元交通可达性和经济联系格局,并对其影响因素进行定量分析,以期完善山西省交通网络、城镇发展规划以及促进区域内部协调发展等提供参考,同时也为中西部欠

发达地区的可达性及城市经济联系研究提供案例借鉴。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

2013年,山西省有11个县级市、85个县和23个市辖区,共119个县(市、区),基于地域的连续性,本文将地级市的各市辖区统一合并为市区,处理后共107个研究单元。考虑到山西省境内地貌类型的复杂多样性,公路是人们短途出行和省内各类经济流动最普遍的交通方式,选择公路交通网络最短旅行时间数据作为研究县域可达性及经济联系的基础数据,数据来源于高德地图自驾选项下的城市间最短旅行时间。查询过程中,首先以研究单元当地的汽车站作为出发地和目的地,如果地图中无法搜索到汽车站,则以县政府所在地为出发地或目的地,最终获得107×107的最短旅行时间矩阵;考虑到铁路适宜于省际间的长途运输,选择铁路交通网络最短旅行时间数据作为研究省际经济联系的基础数据,数据来源于盛名列车时刻表(<http://www.smskb.com/>)。查询过程中,首先选择两城市间直达列车中的最短旅行时间;若两城市间没有直达列车,则选择距始发城市旅行时间最短的城市中转,暂不考虑在中转站滞留时间,以上行和下行最短旅行时间的平均值作为两城市间的最短旅行时间,最终获得11×9的最短旅行时间矩阵。文中涉及的其他社会经济数据来源于《2014年山西统计年鉴》《2014年中国县域统计年鉴》和《2014年中国城市统计年鉴》。

2.2 研究方法

2.2.1 城市综合实力测算

本文采用复合指标进行城市综合实力测算,根据数据的可获得性、完备性、层次性和可比性等原则,从经济发展水平、社会发展水平及城市建设投入水平3个方面选取15个指标构建城市综合实力指标体系(表1)。

利用主成分分析法确定各指标权重,并计算城市的综合得分,以表征城市综合实力。为了便于进一步计算,将综合得分在区间[1, 10]上进行数据变换使其全部为正值(陈群元等, 2010)。数据变换公式为:

$$v' = \frac{v - \min A}{\max A - \min A} (new_{\max A} - new_{\min A}) + new_{\min A} \quad (1)$$

表1 城市综合实力指标体系

Tab.1 Index system of comprehensive strength evaluation of cities

目标层	准则层	指标层
城市综合实力	经济发展水平	地区生产总值、人均GDP、第二产业产值、第三产业产值、公共财政收入、在岗职工平均工资、年末从业人员
	社会发展水平	城市化率、居民储蓄存款余额、社会消费品零售总额、全体居民人均可支配收入、普通中学在校学生数、医疗卫生机构床位数
	城市建设投入	固定资产投资、公共财政支出

式中： v' 表示规范化处理后的数据； v 表示原始数据； $\max A$ 和 $\min A$ 分别表示原始数据列的最大值和最小值； $new_{\max A}$ 和 $new_{\min A}$ 分别表示数据变换映射区间的最大值和最小值。

2.2.2 加权平均旅行时间

可达性不仅与地区的空间地理区位及交通基础设施状况有关，还与地区经济社会发展水平有关。综合考虑交通网络最短时间及地区经济社会发展水平，采用加权平均旅行时间测度区域可达性水平。表达式为：

$$A_i = \sum_{j=1}^n (T_{ij} \times M_j) / \sum_{j=1}^n M_j \quad (2)$$

式中： A_i 表示城市 i 的加权平均旅行时间； T_{ij} 为城市 i 到城市 j ($j=1, 2, 3, \dots, n$)的公路网络的自驾最短旅行时间； M_j 为城市 j 的综合实力，表示城市发展水平对人们移动意愿的影响程度。

为揭示各城市在整个公路交通网络中的地位，采用可达性系数来反映各城市可达性水平的相对高低。表达式为：

$$A'_i = A_i / \left(\sum_{i=1}^n A_i / n \right) \quad (3)$$

式中： A'_i 为城市 i 的可达性系数； A_i 表示城市 i 的可达性值； n 为城市个数。 A'_i 值越大表征城市可达性越差，大于1说明城市可达性水平低于区域平均水平，小于1说明该可达性优于区域平均水平。

2.2.3 城市经济联系

引力模型可计算城市间相互作用联系强度，采用复合指标测度下的城市综合实力和城市间最短旅行时间修正引力模型，对城市间经济联系强度进行测度。表达式为：

$$R_{ij} = \frac{M_i M_j}{D_{ij}^2}, \quad R_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} \quad (4)$$

式中： R_{ij} 为 i 、 j 两城市间的经济联系强度； R_i 为城市 i 对外联系强度总量； M_i 、 M_j 分别为城市 i 、 j 的综合实力； D_{ij} 为 i 、 j 两城市间的公路网络自驾

最短旅行时间和铁路网络最短旅行时间。

2.2.4 空间分析方法

(1) 克里金插值分析方法。克里金插值是在变异函数理论与结构分析的基础上，通过对有限区域内已知点的数值对其他邻近区域未知点特性无偏最优估计的一种方法。对山西省县级单元可达性水平及对外联系总量点数据进行插值，有助于更好地预测其空间分布特征。

(2) 探索性空间数据分析方法。Moran's I 指数是对属性值在整个区域的空间分布特征的描述，可以衡量区域之间整体上的空间关联与空间差异程度；Getis-Ord G 指数可以用作空间局域相关性分析，该指数在识别局域空间集聚中心时比Lisa指数更具优势(张松林等, 2007)。

(3) 空间分类法。Jenks最佳分类法是一种基于自然断裂点的分类方法，通过计算将相似性最大的数据分在同一级，差异性最大的数据分在不同级，可以保持数据的统计特征(丁志伟等, 2016)。运用该方法对 G 指数、城市间经济联系强度、城市对外联系总量进行空间分类，以准确反映山西省县级单元可达性局域关联特征和经济联系空间分异情况。

3 山西省县域可达性空间格局

3.1 县域可达性

基于各研究单元的综合实力和公路交通网络最短旅行时间数据，根据式(2)-(3)计算得到山西省各县级单元的加权平均旅行时间和可达性系数(表2)。

从加权平均旅行时间可以看出，山西省107个研究单元加权平均旅行时间总和为449.30 h，平均为4.2 h。可达性水平最高的是清徐县，加权平均旅行时间为2.85 h，相当于山西省平均水平的68%；最差的是河曲县，加权平均旅行时间为6.4 h，是山西省平均水平的1.52倍。从可达性系数来看，可达性

表 2 山西省县域可达性状况
Tab.2 Accessibility of counties in Shanxi Province

研究单元	A_i/h	A'_i	研究单元	A_i/h	A'_i	研究单元	A_i/h	A'_i
太原市区	2.98	0.71	应县	4.61	1.10	岢岚县	4.52	1.08
清徐县	2.85	0.68	右玉县	5.98	1.42	河曲县	6.40	1.52
阳曲县	2.94	0.70	怀仁县	4.81	1.15	保德县	5.69	1.35
娄烦县	4.02	0.96	榆次区	2.97	0.71	偏关县	6.19	1.47
古交市	3.16	0.75	榆社县	3.15	0.75	原平市	3.50	0.83
大同市区	4.95	1.18	左权县	3.59	0.85	临汾市区	3.69	0.88
阳高县	5.57	1.33	和顺县	4.00	0.95	曲沃县	4.03	0.96
天镇县	5.85	1.39	昔阳县	4.11	0.98	翼城县	4.20	1.00
广灵县	5.78	1.38	寿阳县	3.35	0.80	襄汾县	3.75	0.89
灵丘县	5.37	1.28	太谷县	3.03	0.72	洪洞县	3.45	0.82
浑源县	5.52	1.31	祁县	2.98	0.71	古县	3.86	0.92
左云县	5.59	1.33	平遥县	2.98	0.71	安泽县	4.26	1.02
大同县	5.20	1.24	灵石县	3.18	0.76	浮山县	4.26	1.01
阳泉市区	3.79	0.90	介休市	3.04	0.72	吉县	4.54	1.08
平定县	3.76	0.89	运城市区	4.66	1.11	乡宁县	4.37	1.04
盂县	3.67	0.87	临猗县	4.95	1.18	大宁县	4.70	1.12
长治市区	3.82	0.91	万荣县	4.59	1.09	隰县	4.37	1.04
长治县	3.79	0.90	闻喜县	4.31	1.03	永和县	4.65	1.11
襄垣县	3.67	0.87	稷山县	4.16	0.99	蒲县	4.46	1.06
屯留县	3.73	0.89	新绛县	3.91	0.93	汾西县	3.76	0.89
平顺县	4.19	1.00	绛县	4.35	1.04	侯马市	4.01	0.95
黎城县	4.15	0.99	垣曲县	4.42	1.05	霍州市	3.38	0.80
壶关县	4.01	0.96	夏县	4.73	1.13	孝义市	3.17	0.75
长子县	3.88	0.93	平陆县	5.02	1.20	离石区	3.76	0.90
武乡县	3.31	0.79	芮城县	6.12	1.46	汾阳市	3.15	0.75
沁县	3.59	0.86	永济市	5.26	1.25	文水县	3.16	0.75
沁源县	4.40	1.05	河津市	4.44	1.06	交城县	3.03	0.72
潞城市	3.97	0.95	忻州市区	3.29	0.78	兴县	4.98	1.19
晋城市区	4.13	0.98	定襄县	3.47	0.83	临县	4.38	1.04
沁水县	4.45	1.06	五台县	4.09	0.97	柳林县	4.00	0.95
阳城县	4.36	1.04	代县	4.11	0.98	石楼县	4.95	1.18
陵川县	4.39	1.05	繁峙县	4.36	1.04	岚县	4.06	0.97
泽州县	4.19	1.00	宁武县	4.53	1.08	方山县	4.02	0.96
高平市	4.02	0.96	静乐县	3.82	0.91	中阳县	4.15	0.99
朔州市区	4.39	1.05	神池县	4.95	1.18	交口县	4.31	1.03
山阴县	4.40	1.05	五寨县	4.98	1.19			

高于山西省平均水平的单元有 58 个, 低于平均水平的有 49 个。以各区域可达性高于平均水平的研究单元个数占该区域单元总数的比重来看, 省内各区域县级单元可达性从高到低依次为: 晋东南 > 晋中 > 晋南 > 晋北。其中, 晋东南除沁源、沁水、阳城、陵川 4 个县外, 其余 14 个单元(占总数的 78%) 均高于省平均水平; 晋中可达性也较好, 74% 的单元可

达性高于整体平均水平; 晋南的汾西、霍州、洪洞、吉县、临汾、襄汾、曲沃、侯马、新绛、稷山 10 个单元的可达性高于平均水平, 占区域单元总数的 33%; 晋北的可达性最差, 13 个单元的可达性水平均低于平均水平。

3.2 可达性空间分异特征

为更直观地了解山西省县域可达性空间分异

特征,采用 ArcGIS 9.3 地统计模块对山西省 107 个县级单元的加权平均旅行时间进行普通克里金插值(图1)。

由图1可知,核心区由太原都市圈 40% 的单元组成,包括太原市和晋中市的大部分县以及忻州市和吕梁市的部分县,加权平均旅行时间在 2.85~3.41 h 之间。核心区以南区域的加权平均旅行时间等值线比较稀疏,相同的可达时间下南部向外拉伸的距离要远于北部,可见南部可达性水平优于北部,尤其是向外可达性较好的圈层向东南的长治盆地和西南的临汾盆地延伸显著,与核心区所在的中部共同组成“人”字形。东部地区加权平均旅行时间在 4.24 h 以内,等值线较西部稀疏,东部可达性优于西部。可达性最差为位于该省南北边缘地带的天镇、广灵、阳高、左云、右玉、偏关、河曲、保德、芮城 9 个县,加权平均旅行时间在 5.55~6.40 h 之间。

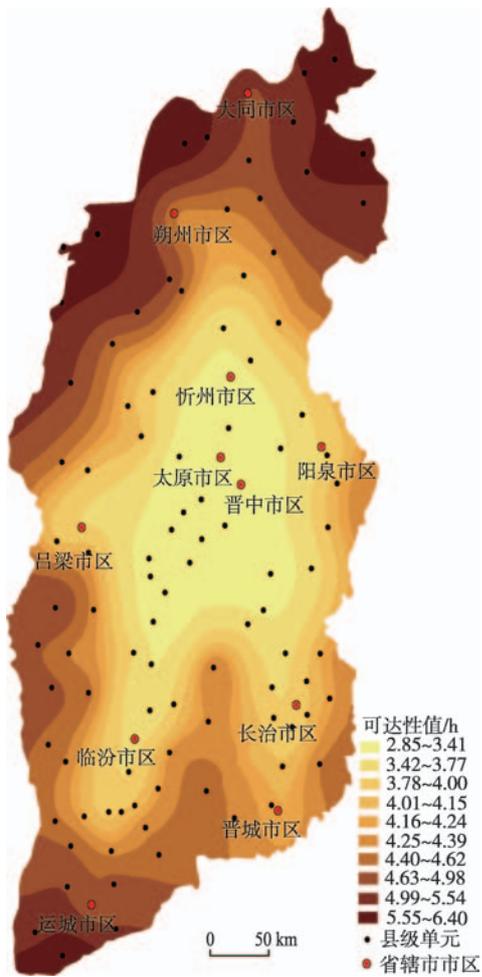


图1 山西省县域可达性空间格局
Fig.1 Spatial pattern of accessibility of counties in Shanxi Province

总体上,山西省县域加权平均旅行时间从中部向四周逐步增大,可达性水平总体上呈现不规则环状分布格局,形成以太原盆地城市密集区为核心,向外围逐渐递减的核心—边缘分布特征。

3.3 可达性空间关联特征

运用全局 Moran's *I* 指数刻画山西省县域可达性空间关联特征,全局自相关计算显示 Moran's *I* 为 0.638757, *Z* 统计量为 8.47016 (>1.96), 且 *P* 值为 0.00, 通过显著性水平检验,说明山西省县域可达性呈现显著的空间正相关关系,空间集聚特征明显。

为深入分析可达性水平空间聚集的具体区域特征以及各个相邻单元之间的相关程度,进一步进行局域 Getis-Ord *G* 指数分析,结果显示, *G* 指数在 -4.116~4.134 之间,将其按照 Jenks 最佳断裂法划分为 4 类:热点区、次热点区、次冷点区、冷点区(图2)。

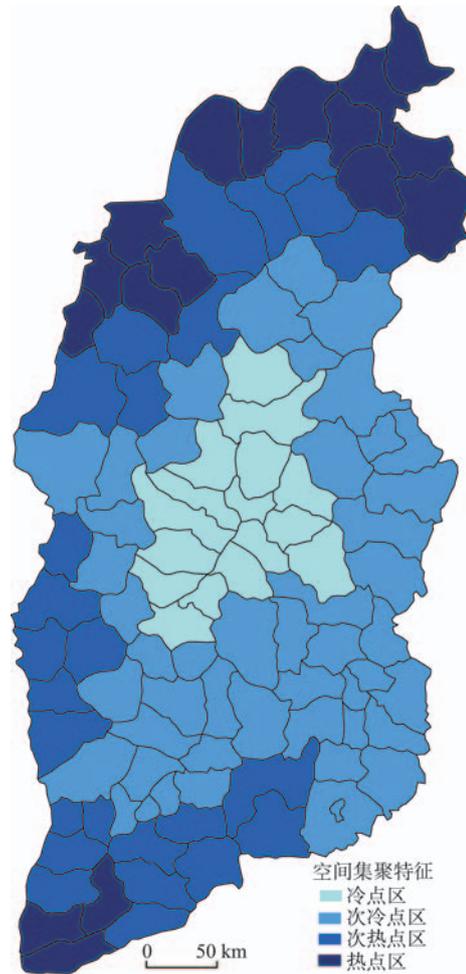


图2 山西省县域可达性空间关联特征
Fig.2 Spatial correlation characteristics of accessibility of counties in Shanxi Province

从图2可以看出,可达性冷点区域分布呈现出明显的块状形态,集中分布在山西省中部,包含太原都市圈74%的县级单元,形成可达性低值集聚区,即到省内其他单元所用的加权平均旅行时间较短,自身及相邻周边地区的可达性均比较强。次冷点区位于冷点区外围且南部次冷点区斑块面积明显大于北部,东部次冷点区斑块面积大于西部,这与前述整体可达性空间分布特征一致。次热点区位于次冷点区外围,主要分布在北部恒山、西部黄河沿岸及南部中条山一带;东部不存在次热点区,表明东部可达性高于西部。热点区主要分布在该省的北部、东北部及南部省境边缘,形成可达性高值集聚区,表明山西省南北周边地区可达性处于低水平。

总体上,山西省可达性空间集聚特征表现为从核心区到边缘区由低值集聚区向高值集聚区过渡,高值集聚区分布在省域南北两端,东西两侧加权平均旅行时间处于过渡阶段,不存在高值集聚区,这与山西省南北长、东西窄的版图形态密不可分。

4 城市经济联系空间格局

4.1 省内经济联系

根据式(4)计算山西省各县级单元之间的经济联系强度,运用 ArcGIS 9.3 将各单元间交互式的经济联系可视化,两两单元之间的连线共 5671 条线,并将结果按照 Jenks 最佳分类法分为 5 个等级:53.69~117.93、26.80~53.68、8.62~26.79、2.12~8.61、0.01~2.11,分别命名为一级、二级、三级、四级、五级联系强度轴(图3)。

从图3中107个县级单元间的经济联系强度看,一级联系强度轴凸显太原晋中同城化推进效果显著的太原↔榆次联系强度轴以及两地距离相近的晋城市区↔泽州联系强度轴。二级联系强度轴为太原↔阳曲、长治市区↔潞城市、阳泉市区↔平定,表现出太原都市圈、晋东南城市群核心单元与邻近综合实力较强的单元之间联系紧密的特点。三级联系强度轴分为3种类型:①为以省会太原为核心向太原都市圈以内的大部分单元之间的经济联系轴,如太原↔忻州、太原↔古交、太原↔寿阳等;②以各省辖市市区为中心向周边临近单元辐射的联系轴,如大同市区↔怀仁、忻州市区↔原平、吕梁市区↔柳林、临汾市区↔洪洞、运城市区↔临猗、

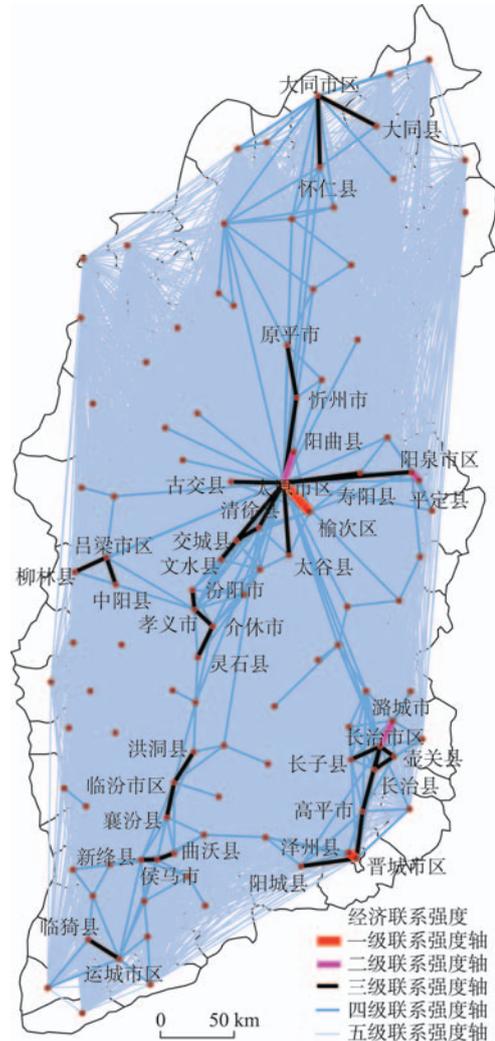


图3 山西省县际经济联系空间格局
Fig.3 Spatial pattern of economic linkages at the county scale in Shanxi Province

长治市区↔长治县、晋城市区↔高平市等;③由汾阳↔孝义↔介休↔灵石之间联系组成的孝汾平介灵城镇群群联系轴及与其相近单元之间的联系轴,如清徐↔交城↔文水、新绛↔侯马↔曲沃、壶关↔长治县↔高平市。四级联系强度轴为太原都市圈、晋北城市群、晋南城市群、晋东南城市群内部单元之间的联系。五级联系强度轴广泛地密集分布于省内各地,各单元间联系强度仅为0.01~2.11,联系微弱。

总体上,山西省中部形成以省会太原为核心向周围扩散的中心—外围辐射状模式,晋北城市群、晋南城市群、晋东南城市群内部单元之间的联系初见雏形,县际经济联系在空间上呈“大”字形,初步形成“一核一圈三群”的空间联系格局。此外,省内

经济联系强度差异显著,西部吕梁山区及沿黄河一带的边缘县同全省其他单元联系微弱。

4.2 省内对外联系

根据式(4)计算山西省各县级单元的对外联系总量,同样运用Jenks最佳分类法将结果分为4个等级,为更好地预测其空间分布特征,同时对结果进行克里金插值(图4)。

从对外联系总量等级来看,第一等级仅有太原市区,对外联系总量为419.82,远远高于其他单元,体现“省会独大”现象。第二等级由为对外联系总量在115.40~198.76之间的大同、晋中、阳泉、长治、晋城5个省辖市市区及泽州县、孝义市2个综合实力较强的县级单元组成。第三等级的单元多达43个,多位于山西省现代城市体系规划体系中,如太原都市圈中的清徐县、阳曲县、古交市、太谷县、忻州市区、吕梁市区等19个单元;晋北城市群中的朔州市区、山阴县和怀仁县等3个单元;晋南城市群中的临汾市区、洪洞县、襄汾县、运城市区等11个单元;晋东南城市群中的长治县、长子县、壶关县、高平市等10个单元,表明行政区划和政策倾斜对城市

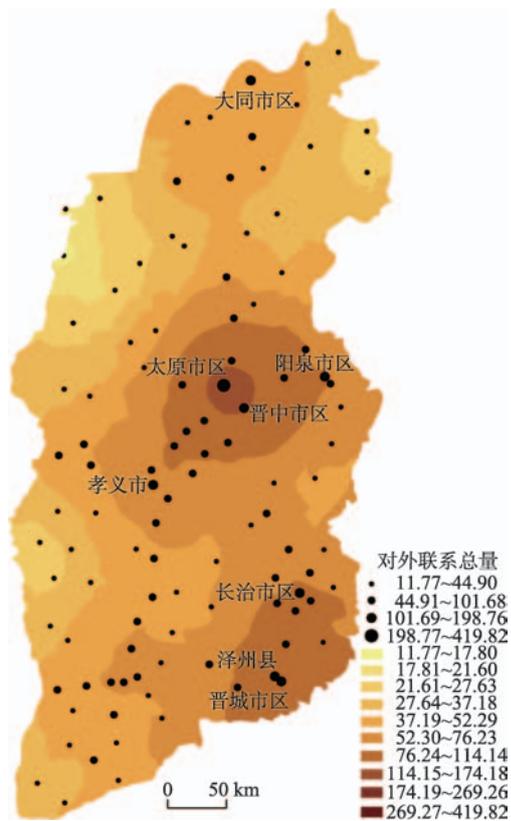


图4 山西省县级单元对外联系总量空间分异

Fig.4 Spatial differentiation of overall linkages at the county scale in Shanxi Province

发展具有重要影响;第四等级占研究单元总数的52.3%,多属于经济欠发达县级单元,分布在全省东北部、西部、南部周边地区。

从对外联系总量插值结果看,山西省中部出现对外联系强度最大的一核太原市区,以此为中心呈现向外围逐渐递减的圈层结构。东南部出现了对外联系强度较强的与中部第二圈层等级一致的部分,由晋东南城市群部分单元构成并以此为中心向北向西,对外联系总量逐渐降低。由北向南对外联系强度增大、较大的单元成带状分布,与山西省从北向南依次有大同煤田、宁武煤田、西山煤田、沁水煤田的煤矿资源分布相吻合。边缘单元对外联系总量仅在11.77~27.63之间,与较高等级单元的对外联系强度相差悬殊。

4.3 省际经济联系

铁路网络时间数据查询时发现,山西省县级单元与省外城市,尤其是与距离较远的城市火车直达列车较少,大多需从省会城市或省辖市中转,因此在省际联系方面,选择山西省11个省辖市与相邻的省会城市西安、郑州、石家庄、济南、呼和浩特、北京、天津、兰州、银川9个城市为研究对象,采用复合指标测度下的城市综合实力和城市间铁路网络最短旅行时间修正后的引力模型计算各城市之间的经济联系强度。与省内经济联系强度分类方法相同,将省际经济联系强度分为4个等级:1.68~9.60、0.72~1.67、0.22~0.71、0.01~0.21,分别命名为一级、二级、三级、四级联系强度轴(图5)。

从山西省各省辖市与相邻省会城市经济联系

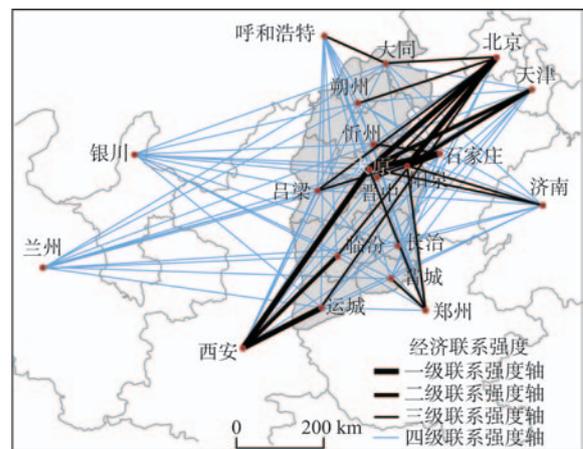


图5 山西省省辖市与省外城市经济联系空间格局

Fig.5 Spatial pattern of economic linkages between cities in Shanxi Province and the neighboring major cities

强度看(图 5),一级联系强度轴凸显了便捷出省通道的重要性,石家庄—太原客运专线经过的太原、阳泉与石家庄、北京联系均十分密切;大同一西安客运专线太原—西安段的通车,使得太原和运城与西安经济联系大大加强。而受城市综合实力限制,二级联系强度轴各城市联系虽同样受到便捷出省通道的促进作用,但联系强度弱于一级。如天津综合实力弱于北京,加之与山西省距离较远,使得太原、阳泉与天津的联系较北京弱。同样地,临汾处于太原—运城高速线路中段,由于综合实力弱于省会太原,虽距西安更近但与其经济联系强度仍弱于太原。三级联系强度轴受较为复杂的自然和社会经济综合因素影响,如大同↔呼和浩特、大同↔北京、晋城↔郑州,均与城市间相近的地理位置有关;太原↔济南、阳泉↔济南与石太客运专线便捷的出省通道相关;朔州、吕梁与北京,忻州、吕梁、晋中与石家庄的联系均由省内其他铁路线路与石太客运专线衔接形成;运城、临汾、晋中与北京的经济联系等则受石太客运专线和大西高铁两条高铁线路的共同影响;太原↔郑州、阳泉↔郑州则与交通枢纽优势和城市经济实力有关。四级联系强度轴为各省辖市与银川、兰州以及与其距离较远的省会城市之间的联系。

总体来说,山西省各省辖市与外省经济联系的主要方向为北京、石家庄、西安,与济南、郑州的联系也较密切,与银川、兰州等西部省会城市联系则较弱。就省内各省辖市而言,省会太原作为山西省最大的铁路枢纽对外经济联系最强,阳泉、运城、临汾等位于高铁沿线的边缘城市与外省经济联系也较密切。东南部城市如晋城、长治等虽与省内各城市间联系紧密,但由于缺乏便捷的出省通道导致其对外经济联系强度偏低。此外,省际联系与省内联系格局较为一致也凸显了山西省西部边缘城市与省内外城市联系较弱的特点。

5 县际经济联系影响因素

城市经济联系有其内在的动力及影响机制,空间联系格局只是一种表象。根据上述空间分异的分析,选择城市基础规模、城市化水平、城市空间位置、交通优势度、地形起伏度作为城市经济联系强度的主要影响因素。以城市常住人口和地区生产总值的几何平均数反映城市基础规模;以城市化率

反映城市化水平;运用能够考虑交通网络实际状况的城市间公路交通最短旅行时间计算出各城市到达其余城市的平均时间,用以反映城市空间位置;通过专家打分法将山西省高速公路、国道、省道、铁路赋予不同的权重,根据各城市通过的不同等级道路条数计算交通优势度;地形起伏度也称地势起伏度,反映地表起伏变化,常用某一确定面积内最高点和最低点海拔高度之差来表示(郭芳芳等, 2008),运用山西省 DEM 数据,采用 ArcGIS 9.3 的空间分析模块提取各城市的最高海拔与最低海拔,提取步骤为: Spatial Analyst Tools—Zonal—Zonal statistics as table。为消除量纲影响,将数据对数化,以城市对外联系强度为因变量,通过相关系数和多元线性回归进行量化分析(表 3)。

从表 3 可以看出,5 个影响因素均通过了 $\alpha=0.05$ 的置信水平检验,与城市经济联系强度呈显著相关关系。其中,城市经济联系强度与基础规模、交通优势度、城市化水平呈正相关关系,与城市区位和地形起伏度呈负相关关系。多元线性回归分析结果表明,5 个因素对山西省城市经济联系强度的协同影响达到 85.8%。综合相关和回归分析结果,并结合省内与省际城市间经济联系空间分异特征分析城市经济联系强度影响因素。

(1) 城市基础规模发挥着决定性的作用。无论从相关系数还是回归系数看,基础规模实力均是城市经济联系最重要的影响因素。对外联系总量等级较高的单元基本上都是规模实力强劲的各省辖市市区及经济实力强劲的单元,在经济联系强度最强的 10 个研究单元中,太原、大同、阳泉、长治、晋中 5 个省辖市市区和孝义市的基础规模排名前 10,这些单元无论是经济总量还是人口密度都位居前列,可见城市基础规模对城市经济联系的巨大影响。反观一些与其他单元联系较弱的单元如大宁、永

表 3 山西省县际经济联系影响因素分析

Tab.3 Influencing factors of economic linkages at the county scale in Shanxi Province

影响因素	相关性	回归系数	t	Sig.
基础规模	0.780**	0.444	10.521	0.000
城市化水平	0.330**	0.203	2.287	0.024
交通优势度	0.571**	0.162	2.582	0.011
地形起伏度	-0.304**	-0.449	-5.548	0.000
城市区位	-0.656**	-1.822	-11.868	0.000
常数		2.517	2.587	0.011

$R=0.930; R^2=0.858; F=128.779$ 。

和、石楼、隰县、岢岚、神池、偏关等县,无论是经济总量还是人口规模均处于山西省最后几位。

(2) 便利的交通是城市联系的桥梁。山西省城市整体经济联系呈“大”字形,与其交通干线分布密不可分,即“一横两纵”的主要高速公路干线,二广高速公路和 108 国道山西段由北向南依次经过大同、朔州、忻州、太原、晋中、长治、晋城、临汾、运城;青银高速山西段由西向东依次经过阳泉、晋中、太原、吕梁。从交通优势度测度数据看,主要高速公路干线经过的这些县域单元往往国道、省道数量较多,铁路交通也较发达,如同蒲铁路由北向南贯穿山西省中部,使得沿线单元具有交通优势,与其他单元联系紧密。另外,山西省各省辖市与外省的经济联系也凸显了交通因素的重要性,处于石家庄—太原客运专线和大同—西安客运专线太原—西安段沿线的省辖市与省外城市经济联系强度大;而省内西部省辖市缺乏快捷的铁路出省通道,与相邻西部省会城市经济联系薄弱。

(3) 城市化是城市联系的重要推动力。城市化水平高的地区往往具有经济发展机遇多、公共基础设施完善等诸多优点,是人流、物流、信息流的集聚地,与其他单元交流频繁,联系密切。例如,城市化率最高的晋城市区虽然城市规模、交通优势度和空间位置等条件并不优越,但对外经济联系强度仍位居全省第二,仅次于太原市区。而一些城市化水平低的县如广灵、平陆、隰县、岢岚、五寨、吉县等,则与其他县域单元联系微弱。相信随着城市化进程不断加速,这些县级单元的经济水平、交通设施水平将会逐步提高,从而进一步推动与其他县域单元的联系。

(4) 城市区位居中是先天优势。位于省域中部的县域单元到达其余单元的平均时间较少,因而在山西省中部形成了以省会太原为中心的经济联系强度最大的核心区。而边缘县尤其是南北边缘县到达其余单元的平均时间较长,如位于忻州市西部的河曲县到达其他单元的平均时间达 6.57 h,偏远的位置大大限制了其与其他县域单元的经济联系。同时,山西省南北长、东西窄的版图形态也对南北边缘县与其他单元的联系有削弱作用。

(5) 地形条件依然是制约城市联系的重要因素。山西省地形条件复杂多样,素有“表里山河”之称,将山西省地形图与省内县级单元之间的经济联系叠加(图 6),能更清楚地反映出地形条件对城市经

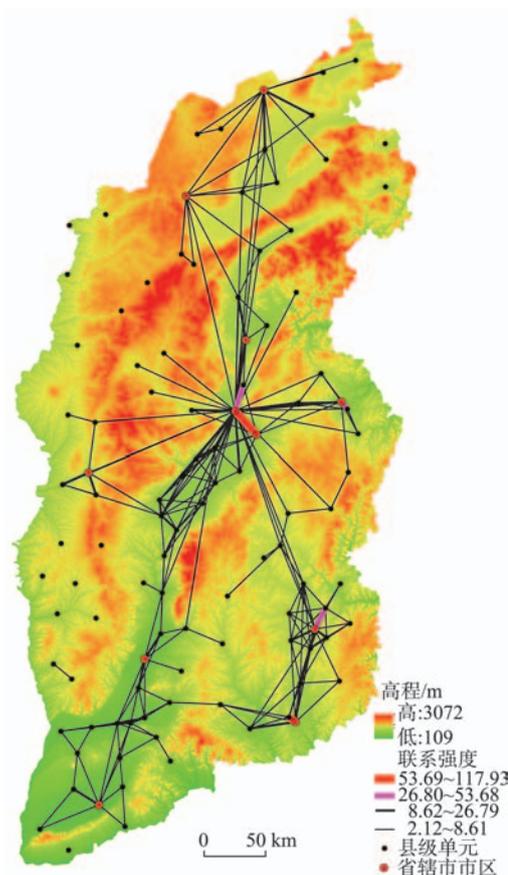


图6 山西省地形图与城市经济联系叠加图

Fig.6 Overly of topographic map and economic linkages between counties in Shanxi Province

济联系的影响。从北向南依次有大同盆地、忻定盆地、太原盆地、临汾盆地、运城盆地和长治盆地,由于地势起伏小,可达性好,往往交通优势度、城市化水平较高,因而与其他县域单元联系密切,特别是在太原盆地和长治盆地形成集中连片的对外联系总量高值区。而地形起伏度超过 2200 m 的五台、繁峙、垣曲等县,对外联系不便,经济联系强度均在 60 名之后。相关分析结果也表明,地形起伏度与城市经济联系间存在显著负相关性,虽然自然环境的影响会随科技水平的提高而逐渐减弱,但对于地形复杂的地区这种影响依然存在。

6 结论与讨论

6.1 结论

本文采用复合指标、最短旅行时间等数据,运用一系列模型和方法,分析山西省县域可达性及城市经济联系分布特征,得到以下结论:

(1) 山西省县级单元最长的加权平均旅行时间在7 h以内,54%以上的县域单元可达性水平高于全省平均水平。空间分布上,整体上可达性水平形成以太原盆地城市密集区为核心,向外围逐渐递减的圈层式分布格局;局部区域上,东部太行山区单元的可达性水平优于西部吕梁山区和黄河沿岸单元的可达性水平,南部可达性水平优于北部地区,南北两端县域单元可达性水平最差。总体来讲,山西省可达性水平受地形影响大,交通指向性明显,也受到南北长、东西窄的行政版图形态的影响。

(2) 山西省县际经济联系空间结构呈“大”字形,初步形成“一核一圈三群”的空间联系格局,中部地区形成以省会太原为核心向周围递减的中心—外围格局;晋北城市群、晋南城市群、晋东南城市群内部单元之间的联系初见雏形。城市对外联系总量差异较大,在空间也表现为以省会太原和个别综合实力较强的县域单元为主的中心—外围布局。省际联系呈现出山西省各省辖市与北京、石家庄、西安、济南、郑州联系紧密,与银川、兰州等西部省会城市联系较弱的格局;并与省内经济联系格局共同凸显了便捷的交通对城市间经济联系的重要性。

(3) 从县际经济联系的影响因素看,城市基础规模发挥着决定性的作用,便利的交通是城市联系的桥梁,城市化是城市联系的重要推动力,城市区位居中原是先天优势,地形条件依然是制约城市联系的重要因素,上述5类影响因素交织影响形成了山西省城市经济联系的基本格局。

6.2 讨论

当前,省境边缘特别是东北和西部边缘是山西省县域可达性热点、次热点区和对外经济联系第四等级县级单元的主要分布区,集中连片的边缘低可达性和经济联系区制约了山西省县域可达性和城市经济联系整体水平的提高。而边缘县级单元处于同其他省的交界地带,具有加强与外省经济联系和跨区域经济协作的地缘优势,一旦其交通基础设施得以完善,经济实力不断提升,与省内外其他城市经济联系提高的潜力巨大。与此同时,继续强化核心区可达性和对外经济联系,增强城市的核心竞争力,提高其对腹地的辐射带动作用,对山西省县域可达性和城市经济联系水平提高依然具有重要意义。城市经济联系格局是社会经济和自然等多种因素共同作用的结果,因而在今后的研究中还需

探讨资源禀赋、行政区划、政策倾斜等因素的影响。另外,从时间序列上探究可达性及城市经济联系格局演变特征也是今后的研究重点。

参考文献(References)

- 曹小曙,李涛,杨文越,等. 2015. 基于陆路交通的丝绸之路经济带可达性与城市空间联系[J]. 地理科学进展, 34(6): 657-664. [Cao X S, Li T, Yang W Y, et al. 2015. Accessibility and urban spatial connections of cities in the Silk Road Economic Belt based on land transportation[J]. Progress in Geography, 34(6): 657-664.]
- 陈群元,宋玉祥. 2010. 城市群空间范围的综合界定方法研究:以长株潭城市群为例[J]. 地理科学, 30(5): 660-666. [Chen Q Y, Song Y X. 2010. Methods of dividing the boundary of urban agglomerations: Chang-Zhu-Tan Urban Agglomeration as a case[J]. Scientia Geographica Sinica, 30(5): 660-666.]
- 陈少沛,丘健妮,庄大昌. 2014. 基于潜力模型的广东城市可达性度量及经济联系分析[J]. 地理与地理信息科学, 30(6): 64-69. [Chen S P, Qiu J N, Zhuang D C. 2014. Urban accessibility measure and economic connection analysis in Guangdong Province based on potential model[J]. Geography and Geo-Information Science, 30(6): 64-69.]
- 丁志伟,周凯月,康江江,等. 2016. 中国中部C2C店铺服务质量的时空分异及其影响因素:以淘宝网5类店铺为例[J]. 地理研究, 35(6): 1074-1094. [Ding Z W, Zhou K Y, Kang J J, et al. 2016. The spatial differentiation and influencing factors of the service quality of C2C stores in Central China: A case study of five types of Taobao online stores[J]. Geographical Research, 35(6): 1074-1094.]
- 段德忠,刘承良. 2015. 基于城市腹地的乡镇通达性的时空格局及其演化:以湖北荆州市112个乡镇为例[J]. 长江流域资源与环境, 24(4): 548-556. [Duan D Z, Liu C L. 2015. Spatial-temporal pattern and evolution of township accessibility based on city hinterland: A case study of 112 towns of Jingzhou City, Hubei Province[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 24(4): 548-556.]
- 郭芳芳,杨农,孟晖,等. 2008. 地形起伏度和坡度分析在区域滑坡灾害评价中的应用[J]. 中国地质, 35(1): 131-143. [Guo F F, Yang N, Meng H, et al. 2008. Application of the relief amplitude and slope analysis to regional landslide hazard assessments[J]. Geology in China, 35(1): 131-143.]
- 嵇昊威,赵媛. 2014. 中国煤炭铁路运输网络可达性空间格局研究[J]. 地域研究与开发, 33(1): 6-11. [Ji H W, Zhao Y. 2014. The accessibility spatial pattern of coal railway transport network in China[J]. Areal Research and Development, 33(1): 6-11.]

- 蒋海兵, 张文忠, 祁毅, 等. 2015. 高速铁路与出行成本影响下的全国陆路可达性分析[J]. 地理研究, 34(6): 1015-1028. [Jiang H B, Zhang W Z, Qi Y, et al. 2015. The land accessibility influenced by China's high-speed rail network and travel cost[J]. Geographical Research, 34(6): 1015-1028.]
- 李威, Joh K, Lee C, 等. 2016. 社区步行通达性对独栋住宅房价的效益评估: 美国德克萨斯州奥斯丁市空间特征分析[J]. 城市交通, 14(4): 75-91. [Li W, Joh K, Lee C, et al. 2016. Assessing benefits of neighborhood walk ability to single-family property values: A spatial He-Donic study in Austin, Texas[J]. Urban Transport of China, 14(4): 75-91.]
- 李亚婷, 秦耀辰, 闫卫阳, 等. 2010. 河南省公路网络的可达性空间格局及其演化特征[J]. 地域研究与开发, 29(1): 60-64. [Li Y T, Qin Y C, Yan W Y, et al. 2010. Spatial structure and evolution of highway accessibility in Henan Province[J]. Areal Research and Development, 29(1): 60-64.]
- 李一曼, 修春亮, 孙平军. 2014. 基于加权平均旅行时间的浙江省交通可达性时空格局研究[J]. 人文地理, 29(4): 155-160. [Li Y M, Xiu C L, Sun P J. 2014. Analyzing spatial pattern and accessibility of comprehensive transport in Zhejiang Province[J]. Human Geography, 29(4): 155-160.]
- 刘承良, 余瑞林, 段德忠, 等. 2014. 武汉城市圈城乡道路网络拓扑通达性的时空演化[J]. 长江流域资源与环境, 23(2): 170-179. [Liu C L, Yu R L, Duan D Z, et al. 2014. Spatial-temporal evolution of topological accessibility of urban-rural road network in Wuhan Metropolitan Area[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 23(2): 170-179.]
- 刘传明, 曾菊新. 2011. 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, 30(12): 2209-2221. [Liu C M, Zeng J X. 2011. The calculating method about the comprehensive transport accessibility and its correlation with economic development at county level: The statistical analysis of 79 counties in Hubei Province[J]. Geographical Research, 30(12): 2209-2221.]
- 梅志雄, 徐颂军, 欧阳军. 2014. 珠三角公路网络可达性空间格局及其演化[J]. 热带地理, 34(1): 27-33, 103. [Mei Z X, Xu S J, Ouyang J. 2014. Spatial pattern and evolution of road network accessibility in the Pearl River Delta[J]. Tropical Geography, 34(1): 27-33, 103.]
- 孟德友, 陆玉麒. 2012. 基于铁路客运网络的省际可达性及经济联系格局[J]. 地理研究, 31(1): 107-122. [Meng D Y, Lu Y Q. 2012. Analysis of inter-provincial accessibility and economic linkage spatial pattern based on the railway network[J]. Geographical Research, 31(1): 107-122.]
- 汪德根, 章莹. 2015. 高速铁路对长三角地区都市圈可达性影响[J]. 经济地理, 35(2): 54-61, 53. [Wang D G, Zhang Y. 2015. The influence of high-speed railways on accessibility of Yangtze River Delta Region's Metropolitans[J]. Economic Geography, 35(2): 54-61, 53.]
- 王成金, 王伟, 张梦天, 等. 2014. 中国道路网络的通达性评价与演化机理[J]. 地理学报, 69(10): 1496-1509. [Wang C J, Wang W, Zhang M T, et al. 2014. Evolution, accessibility of road networks in China and dynamics: From a long perspective[J]. Acta Geographica Sinica, 69(10): 1496-1509.]
- 王丹丹, 郭建科, 杜鹏. 2015. 辽宁省陆路交通可达性及其对城市经济联系影响研究[J]. 云南地理环境研究, 27(2): 43-49. [Wang D D, Guo J K, Du P. 2015. The land transport accessibility of Liaoning Province and its influence on urban economic ties[J]. Yunnan Geographic Environment Research, 27(2): 43-49.]
- 王妙妙, 曹小曙. 2016. 基于交通通达性的关中一天水经济区县际经济联系测度及时空动态分析[J]. 地理研究, 35(6): 1107-1126. [Wang M M, Cao X S. 2016. The measurement of inter-county economic linkage and spatio-temporal dynamics analysis in Guanzhong-Tianshui economic region based on the traffic accessibility[J]. Geographical Research, 35(6): 1107-1126.]
- 王振波, 徐建刚, 朱传耿, 等. 2010. 中国县域可达性区域划分及其与人口分布的关系[J]. 地理学报, 65(4): 416-426. [Wang Z B, Xu J G, Zhu C G, et al. 2010. The county accessibility divisions in China and its correlation with population distribution[J]. Acta Geographica Sinica, 65(4): 416-426.]
- 吴威, 曹有挥, 梁双波, 等. 2009. 中国铁路客运网络可达性空间格局[J]. 地理研究, 28(5): 1389-1400. [Wu W, Cao Y H, Liang S B, et al. 2009. The accessibility pattern of railway passenger transport network in China[J]. Geographical Research, 28(5): 1389-1400.]
- 徐维祥, 陈斌, 李一曼. 2013. 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, 33(12): 49-53. [Xu W X, Chen B, Li Y M. 2013. The accessibility and economic linkage of urban areas in Zhejiang Province based on land communication[J]. Economic Geography, 33(12): 49-53.]
- 尹鹏, 李诚固, 陈才. 2014. 东北地区省际城市可达性及经济联系格局[J]. 经济地理, 34(6): 68-74. [Yin P, Li C G, Chen C. 2014. Inter-provincial accessibility and economic linkage spatial pattern in Northeast China[J]. Economic Geography, 34(6): 68-74.]
- 张松林, 张昆. 2007. 局部空间自相关指标对比研究[J]. 统计研究, 24(7): 65-67. [Zhang S L, Zhang K. 2007. Contrast

- study on the local indices of spatial autocorrelation[J]. *Statistical Research*, 24(7): 65-67.]
- 郑文升, 姜玉培, 卓蓉蓉, 等. 2016. 安徽省县际经济联系网络结构演变及其影响因素[J]. *地理科学*, 36(2): 265-273. [Zheng W S, Jiang Y P, Zhuo R R, et al. 2016. Evolution and influencing factors of the structure of economic linkage network at county level in Anhui Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 36(2): 265-273.]
- Djankov S, Freund C. 2002. Trade flows in the former Soviet Union, 1987 to 1996[J]. *Journal of Comparative Economics*, 30(1): 76-90.
- Gutiérrez J. 2001. Location, economic potential and daily accessibility: An analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border[J]. *Journal of Transport Geography*, 9(4): 229-242.
- Hansen W G. 1959. How accessibility shapes land use[J]. *Journal of the American Institute of Planners*, 25(2): 73-76.
- Holl A. 2007. Twenty years of accessibility improvements: The case of the Spanish motorway building programme[J]. *Journal of Transport Geography*, 15(4): 286-297.
- Jin F J, Wang C J, Li X W, et al. 2010. China's regional transport dominance: Density, proximity, and accessibility[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 20(2): 295-309.
- Keeble D, Owens P L, Thompson C. 1982. Regional accessibility and economic potential in the European community [J]. *Regional Studies*, 16(6): 419-432.
- Wachs M, Kumagai T G. 1973. Physical accessibility as a social indicator[J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 7(5): 437-456.
- Willigers J, van Wee B. 2011. High-speed rail and office location choices: A stated choice experiment for the Netherlands[J]. *Journal of Transport Geography*, 19(4): 745-754.

Accessibility and urban economic linkages of counties in Shanxi Province

SHI Qinqin^{1,2}, KANG Jiangjiang³, LU Fengxian^{1,2*}, ZHAO Kaina¹, REN Shixin¹

(1. Key Laboratory of Geospatial Technology for the Middle & Lower Yellow River Regions, Ministry of Education, College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475004, Henan, China;

2. Henan Collaborative Innovation Center for Coordinating Industrialization, Urbanization and Agriculture Modernization in Central Economic Zone, Zhengzhou 450046, China; 3. The Center for Modern Chinese City Studies, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Using weighted mean travel time model, gravity model, principal component analysis, geostatistical analyst, exploratory spatial data analysis, and correlation and regression analysis methods and techniques, this study conducted an in-depth analysis of accessibility and urban spatial connections of 107 county-level administrative units in Shanxi Province. The results are as follows. First, accessibility of cities in Shanxi Province is highest in the highly urbanized area of the Taiyuan Basin and gradually decreases outward, which presents a core-periphery distribution pattern. Locally, accessibility in the eastern part is better than the west, and the south is better than the north. Second, economic connections at the county scale form an one core, one circle, and three groups spatial pattern; the overall linkages of cities differ and show a provincial capital and cities with higher overall strength centric distribution pattern. Peripheral county-level units along the Yellow River in the west present weak connections with other units and the overall linkages are small too. Cities in Shanxi Province have close connections with Beijing, Shijiazhuang, Xi'an, Ji'nan, and Zhengzhou and have weak connections with Yinchuan, Lanzhou, and other western provincial capital cities. Third, economic strength, transportation condition, location, urbanization level, and relief of land surface are the main influencing factors of economic connections at the county scale in Shanxi Province.

Key words: accessibility; economic linkage at county scale; spatial pattern; influencing factor; Shanxi Province