

中原经济区城市间相互作用时空格局演变研究

刘静玉, 杨虎乐, 宋 琼, 范晓霞

(河南大学区域发展与规划研究中心/环境与规划学院, 河南 开封 475004)

摘要: 将中原经济区30个省辖市市区作为研究对象,按照由“线”→“点”→“面”的分析思路,运用引力模型、潜能模型与潜能得分模型、经济隶属性模型等各种模型,定量分析1990~2010年间中原经济区城市间相互作用时空格局的演变过程与特征。结果表明:城市间相互作用强度的时空差异明显。“线”层次上,城市间的引力和城市联结线数目的增多,逐渐形成辐射网络,引力和联结线数目的变化存在时空差异性。“点”层次上,通过“线-点”叠加分析,城市最大联结线数目增多和城市潜能等级提升的时空差异性明显。而且1990~2010年间各个城市潜能等级跃迁的时空差异明显。“面”层次上,近20多年来,区域中心城市没有变化,但4个中心城市的腹地变化明显,核心组团——郑州组团1990~2000年北扩,2000~2010年东扩;1990~2010年,潜能高值区域的空间收缩也表现出阶段性特征。

关键词: 城市间相互作用;城市潜能;中原经济区

中图分类号: F129.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2014)09-1060-09

空间相互作用用以表达两地之间的相互联系程度^[1],城市间相互作用的研究始终是学术界的热点之一。相关研究可归纳如下:第一,研究方法不断更新,多采用定性^[2-4]、定量^[5-8]以及定性定量^[9,10]相结合的方法展开研究。由于城市间OD(Origin-Destination)交通距离数据获取难度较大,而采用理论模型^[11-13]计算相对简单,因此,随着理论^[14-18]和模型研究的不断深入,计量模型不断更新^[19-24]。第二,数据类型多样化。研究数据分为静态数据和动态数据。因为属性数据的易获取性,研究中多采用由城市属性数据诸如GDP、人口、投资、城市空间或时间距离等组成的静态数据^[25-31]。但属性数据不能直接反映城市之间的动态关系,因此,学者多从人流、物流、技术流、信息流、金融流等方面收集数据^[32,33],运用流数据进行研究^[27,34-37]。但由于研究多为客货流总量数据^[38]或铁路区段OD数据(单元偏大、空间属性比较笼统),很少涉及城市间OD数据,即使涉及也多采用替代指标^[39]或推算的间接数据^[40]。第三,计量模型多样化。计量模型是量化研究的重要手段,传统的或改进的引力模型^[22,41]、城市化曲线^[42]、重力模型^[20]、可达性模型^[21]、地缘经济

关系分析模型^[43]、中心职能强度指数模型^[26]和城市流强度模型^[44-49]是常用的计量方法。此外,相关系数、综合客货量模型^[50]、投入-产出模型等也在相关研究中采用^[51]。第四,研究内容不断细化。相关研究多从静态角度来研究城市体系某个时间断面上的空间联系特征^[40,52,53],并将空间联系细分为经济、旅游、劳动力流动、行政、社会联系^[26,50,54,55]乃至创新联系^[56]等,其中以经济联系研究为主^[57-60]。第五,主要研究邻近城市和城市群、城市带城市间的相互作用^[26,43,45,46,48],针对城市群的研究多集中于长三角^[61,62]、珠三角^[26,43]和环渤海城市群^[48,63]。

相关研究的主要特点是:第一,数据类型由大量使用静态属性数据,转向动态的流数据。第二,从定性描述转向定量刻画。定量模型表现出多样化趋势,传统模型及其改进模型依旧发挥重要作用,新的计量、数理模型不断引进。第三,不同尺度的城镇体系内部城市间相互作用是传统研究热点,经济联系活跃的邻近城市、发育较好的城市群与经济区域同样是研究的热点区域。第四,城市间作用机理辨析、经济空间划分、区域空间结构优化是相关研究的主要目的。当然,相关研究也存

收稿日期: 2013-05-23; 修订日期: 2013-12-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41271144)、2013年度河南省政府决策研究招标课题(2013B053)资助。

作者简介: 刘静玉(1971-),男,河南林州人,副教授,博士,硕士生导师,主要从事城市-区域综合发展、城市规划与设计研究。E-mail: liujy@henu.edu.cn

在一定的缺憾:第一,人流、技术流、客货数据等流数据更能直接和准确地反映区域运输联系和真实的区域关系,是空间相互作用研究的理想数据,但能够满足研究需要的流数据获取困难,尤其是长时间序列的流数据。第二,无论是传统计量模型,还是新引进的计量模型,会因为数据、标准、阈值等因素的影响,存在这样或那样的不足。第三,针对中西部地区城市间相互作用的研究相对较少。

中原经济区位于中国中部,承东启西,连南通北,是中国经济发展的重要战略支撑。中原经济区的研究始于1980年代,多侧重于经济区产业结构^[64]、核心城市发展^[65]的研究,但相关文献很少。2011年《国务院关于支持河南省加快建设中原经济区的指导意见》出台,此后相关研究文献迅速增多,但多关注新型城镇化^[66]、三化协调^[67]、经济发展^[68,69]、城乡统筹^[70]等问题,较少涉及城市经济联系^[47,71,72]。在中原经济区的同类研究中,主要从城市流强度^[71]、城市流强度与城市间相互作用强度模型相结合^[72]的角度切入,对城市间相互作用与城镇体系空间结构关系的研究不够深入。因此,定量研究中国中部地区发育程度相对较弱的中原经济区城市间相互作用的程度,对于区域城市空间联系的引导与加强,以及城镇体系空间结构的优化具有一定的借鉴和参考价值。

由于历史性的动态流数据不易获取,论文采用静态属性数据。根据论文意在分析城镇间联系强度、影响程度的目的,考虑各个模型的特点,将引力模型、潜能模型、经济隶属度模型等组合使用进行定量分析,并根据研究的需要构造了潜能得分模型定量分析城市的潜能等级。

论文遵循“线→点→面”的研究思路,分别选择引力、潜能、潜能得分、经济隶属度等作为研究城市间相互作用的指标,依次研究1990~2010年中原经济区“线”层次、“点”层次和“面”层次的城市间相互作用的时空演变特征。

1 研究方法、研究区域与数据来源

1.1 引力模型

采用引力模型来定量计算中原经济区城市间的引力,其表达式^[25]为:

$$R_{ij} = \frac{\sqrt{P_i V_i \times P_j V_j}}{D_{ij}^b}, (i \neq j) \quad (1)$$

式中, R_{ij} 为*i*、*j*城市间引力值; P_i 、 P_j 分别为*i*、*j*城市市

辖区的非农业人口; V_i 、 V_j 为*i*、*j*城市市辖区的国内生产总值; D_{ij} 为*i*、*j*城市间的欧氏距离; b 为距离摩擦系数。一般认为, b 值分别取1和2时可以近似地揭示国家尺度和省区尺度的城市体系空间联系状态^[20],根据本文实际, b 值取2。

1.2 潜能模型与潜能得分模型

1.2.1 潜能模型

潜能模型以引力模型为基础,计算某个城镇与城镇体系内所有城镇(含自身)间的引力之和,即潜能。计算公式为^[12]:

$$E_i = \sum_{j=1}^n R_{ij} = \sum_{j=1}^n \frac{\sqrt{P_i V_i \times P_j V_j}}{D_{ij}^2} \quad (2)$$

式中, E_i 为潜能,反映了城镇的集聚能力,是描述城市空间相互作用的代表性指标^[24], n 是城市个数。

1.2.2 潜能得分模型

城市等级划分除考虑自身实力外,还应考虑它对周围区域的辐射影响范围。因此,应生成最大引力联结线分布图,根据各个城市总吸引力(潜能)大小和最大引力联结线数目来确定城市等级^[20],但该方法主观性较大,可用本文构造的潜能得分作为划分城市等级的依据,潜能得分由城市潜能值和最大引力联结线数目经相关计算获得,潜能得分的计算公式为:

$$M_i = \theta A_i + (1 - \theta) B_i \quad (3)$$

式中, M_i 表示的是城市的潜能得分, A_i 表示的是某城市的潜能均值标准化之后的数值, B_i 表示的是某城市最大引力联结线数目均值标准化之后的数值, θ 表示潜能所占权重。前期研究认为相关系数更能反映潜能的重要性程度^[73],选其作为潜能的权重(表1)。

1.3 经济隶属度模型

经济隶属度的表达式^[27]为:

$$F_{ij} = R_{ij} / E_i \quad (4)$$

式中, R_{ij} 为城市*i*与城市*j*之间的引力, E_i 为城市*i*的潜能, F_{ij} 为城市*j*对城市*i*的经济隶属度值。

1.4 研究区域与数据来源

据《中原经济区规划(2012~2020年)》^[74],中原经济区包括河南全省,山西省晋城市、长治市和运城市,河北省邯郸市和邢台市,山东省聊城市、菏泽市和泰安市东平县,安徽省淮北市、亳州市、宿州市、蚌埠市、阜阳市和淮南市凤台县及潘集区,共30个省辖市,外加2个县1个区,面积28.9万km²,占全国的3%。2011年经济区总人口1.79亿,

表1 1990~2010年节点潜能与最大引力
联结线数目相关系数

Table 1 The correlation coefficient of the nodes' potential
and the numbers of MAX lines in 1990-2010

年份	相关系数	年份	相关系数
1990	0.692	2003	0.783
1995	0.733	2004	0.796
1996	0.761	2005	0.812
1997	0.744	2006	0.817
1998	0.774	2007	0.832
1999	0.776	2008	0.819
2000	0.795	2009	0.849
2001	0.786	2010	0.854
2002	0.786		

地区生产总值4.2万亿元,分别占全国的13.3%和9%。本文研究的基本地域单元为中原经济区的30个省辖市市区(图1),研究的时间跨度为1990~2010年,根据前期研究结果^[73],分为1990年、2000年、2010年3个时间节点。

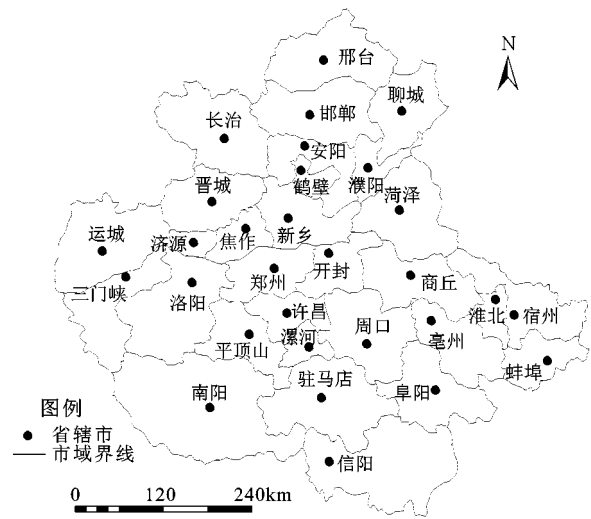


图1 中原经济区区位图

Fig.1 Sketch of the Central Plains Economic Zone

论文的数据主要来自1991~2011年的《中国城市统计年鉴》^[75]、《中国分县市人口统计资料》^[76]、《河南统计年鉴》^[77],共选取1990年、1996~2010年共17 a的中原经济区30个省辖市市区非农业人口和市区GDP数据。需要说明的是3个研究节点正好是中国四、五、六次人口普查的时间节点,故研究中的非农业人口数据来自3次人口普查的直接数据或据此整理而来。

2 三个层次的时空格局演变分析

将1990、2000、2010年各个省辖市市区相应的数据分别代入引力模型、潜能模型、潜能得分模型和经济隶属度模型,计算各个城市的引力、潜能、潜能得分和经济隶属度值,以此来分析中原经济区城市间相互作用的时空演变特征。

2.1 “线”层次时空格局演变分析

参考相关研究成果^[40,65],根据引力值的数据特征,考虑能充分反映3个时间节点的引力变化,将城市间引力值划分为6个等级:>1 000, 500~1 000, 300~500, 150~300, 50~150, 10~50,并将1990、2000、2010年城市间的引力值做空间表达(图2)。

1990年中原经济区各城市间的联结线非常少,表明它们的相互联系十分微弱(图2a)。主要原因在于各城市非农人口规模和经济实力的客观限制,以及计划体制导致的各种要素流动受限。2000年城市间联结线的数目增多,形成辐射网络(图2b)。中原城市群城市间联系增强,“六边形”逐渐发展成为“七边形”——“钻石结构”初现。同时,“许(昌)–平(顶山)–漯(河)三角”已见雏形。京广轴线进一步南延增强,东部出现了“商(丘)–阜(阳)–蚌(埠)–淮(阳)”四边形。2010年联结线大量跃迁到了第五等级以上,放射成网状(图2c)。“郑(州)–新(乡)”,“郑(州)–开(封)”,“郑(州)–焦(作)”,“郑(州)–洛(阳)”,“洛(阳)–济(源)”均达到第一等级,中原城市群“钻石结构”进一步发育,“许(昌)–开(封)”、“漯(河)–开(封)”仍较弱,“许(昌)–平(顶山)–漯(河)三角”逐步成熟。北部已成为全区第二大增长中心。京广轴线进一步南延,形成“邢(阳)–邯(郸)–安(阳)–鹤(壁)–新(新乡)–郑(州)–许(昌)–漯(河)–驻(马店)–信(阳)”轴线,横向陇海轴线发育不完善,但核心段“洛(阳)–郑(州)–开(封)”轴线发育较好。“商(丘)–阜(阳)–蚌(埠)–淮(阳)”四边形已实现整体跃迁,特别是“淮(阳)–宿(迁)”已达到第一等级。

1990~2010年“线”层次格局的演变过程可划分为2个阶段:低速发育阶段和快速发育阶段。前一阶段(1990~2000年),表现为引力联结线数目的增加和部分联结线强度的增大,但整体水平始终较低。后一阶段(2000~2010年),表现为引力联结线数目和强度的急剧增大,整体水平显著提高。显然,到2010年,经济区的“线”层次格局已由初步

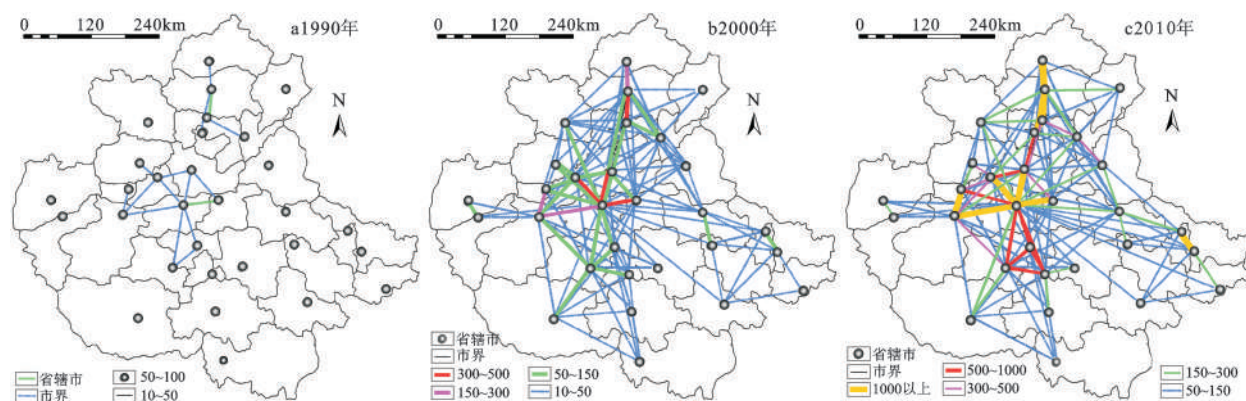


图2 中原经济区城市间相互作用强度格局

Fig.2 The intensity pattern among the Central Plains Economic Zone

发育已渐至成熟。

2.2 “点”层次时空格局演变分析

2.2.1 “线-点”叠加分析

参考相关研究成果^[24],根据潜能值的数据特征,考虑能充分反映3个时间节点的潜能变化,将潜能划分为7个等级: $>10\ 000$, $5\ 000\sim 10\ 000$, $1\ 000\sim 5\ 000$, $500\sim 1\ 000$, $100\sim 500$, $50\sim 100$, $0\sim 50$ 。将1990、2000、2010年各个城市的潜能等级做空间表达,同时与相应的最大引力联结线图进行叠加(图3)。

1990年郑州最大引力联结线数目最多,达到6条,潜能等级为第五等级,郑州的综合优势比较明显(图3a)。达到4条的城市有邯郸和平顶山。达到3条的仅有安阳,其潜能达到第五等级。达到2条的有洛阳、焦作、濮阳、漯河、驻马店、亳州、淮北、宿州和蚌埠。潜能最低层次的城市分布在中原经济区的东部、南部和西部。2000年郑州最大引力联结线数目达到7条,其潜能等级为第三等级(图3b)。达到3条的是安阳、邯郸、平顶山和漯河;达到2条的有洛阳、焦作、濮阳、驻马店、亳州、宿州;各城市潜能整体跃迁到了第五等级以上。最后,东部出现“商(丘)-毫(州)-阜(阳)”和“淮(阳)-宿(迁)-蚌(埠)”2条轴线,但2条线未交织,稳定中心尚未确立。2010年郑州最大引力联结线数目达到9条,其潜能等级提升到第一等级(图3c)。西部的三门峡和运城,始终保持“双星”状态,东部始终未形成稳定中心。

1990~2010年“点”层次格局的演变过程具有明显的阶段性特征:1990~2000年,“线-点”叠加的空间格局变动相对较大;2000~2010年“线-点”叠加的空间格局基本稳定,但大量城市的潜能等级

快速跃升;最大引力联结线数目多的城市往往潜能等级也越高。核心城市的极化效应是导致格局演变的主要影响因素。

2.2.2 “点”层次等级结构演变分析

将1990、2000、2010年各城市的潜能值和最大引力联结线数目进行均值标准化,代入潜能得分模型,计算各个城市的潜能得分。参考相关研究成果^[78],将3个时间节点的城市潜能得分按照从大到小的顺序排列,在3个数列中分别寻找有临界意义的点——断裂点,进行城市潜能等级的划分。如1990年潜能得分组成的数列中,郑州和邯郸之间的差值最大,两者的中值3.385作为第一、二等级城市的分界值。以此类推,最终分别将3个时间节点30个省辖市市区划分为5个等级(图4)。由图3,1990~2010年中原经济区各城市潜能等级一直保持相对稳定的状态,没有大的变动,不同等级的城市数目并不符合城市体系的二倍数规律。

2.3 “面”层次时空格局演变分析

2.3.1 “面”层次组团结构演变分析

组团结构演变主要是分析区域中心城市空间影响范围的变化。区域中心城市判定方法是:先根据城市综合实力、区位条件等因素确定候选的区域中心城市,根据其他各城市相对于候选城市的经济隶属度,分别确定每个候选城市的隶属城市,如果某候选城市的隶属城市大于或等于3个,则该城市为区域中心城市。区域中心城市腹地范围判定的方法是:如果某城市相对于某一中心城市经济隶属度值大于其相对于其它中心城市经济隶属度值,则该城市为该中心城市的腹地范围。最终,各区域中心城市的腹地范围要完整覆

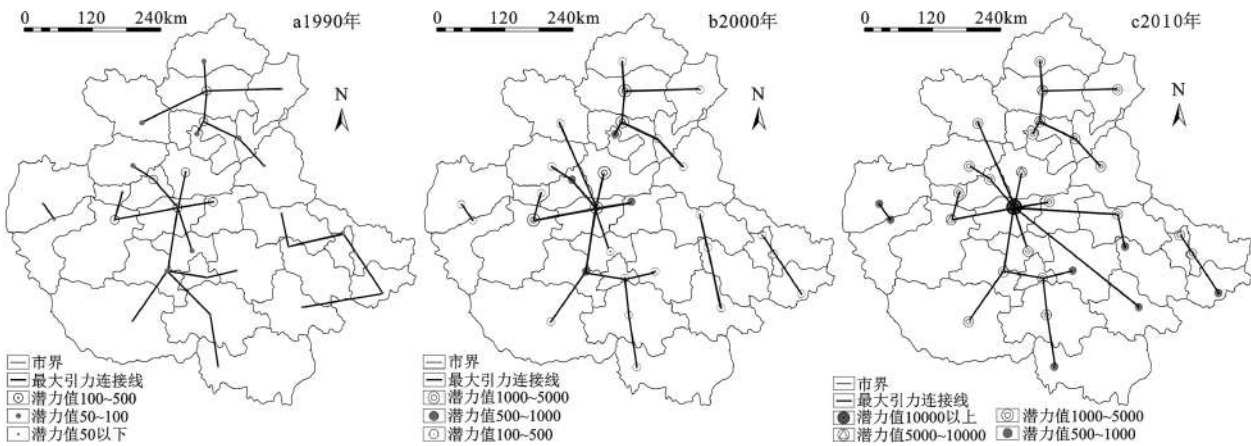


图3 城市潜能与最大引力联结线叠加分析
Fig.3 Overlying analysis of potential and MAX lines

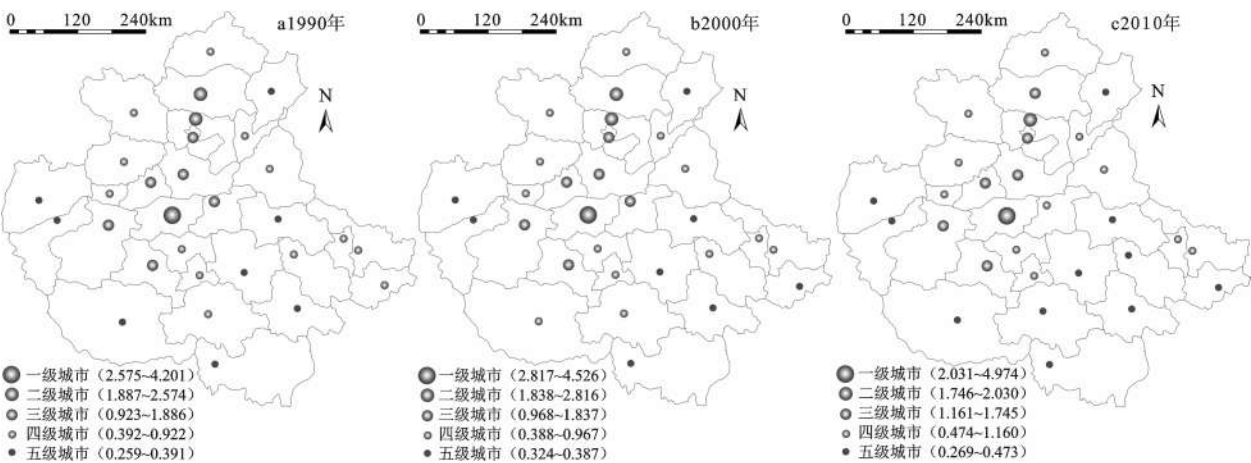


图4 中原经济区城市潜能等级划分
Fig.4 Rank of city potential in the Central Plains Economic Zone

盖中原经济区。

根据城市综合实力和区位条件等因素^[78],考虑空间均衡原则,确定郑州、邯郸、淮北、洛阳、商丘、平顶山、驻马店等7个城市为候选城市。然后,将1990~2010年各城市的引力和潜能数据代入经济隶属度模型,计算获得相应的经济隶属度值。1990~2010年间郑州、邯郸和洛阳综合实力强、区位条件优越、各自的腹地范围完整覆盖中原经济区中部、北部和西部区域,故可作为区域中心城市。平顶山的稳定隶属城市仅有南阳、漯河、驻马店,不包括南部的信阳和周口,在南部区域留下了空白,不适合作为区域中心城市。驻马店的稳定隶属城市仅有信阳,不符合条件。同时,南部各城市相对于郑州的经济隶属度值均较高,且有逐年增大趋势,可将南部各城市纳入郑州组团。商丘的稳定隶属城市仅有亳州,不适于做区域中心城市。淮北的稳定隶属城市有宿州、亳州、阜阳、蚌埠,其腹地能覆盖剩余的东部区域,可作为区域中心城市。最终,中原经济区的区域中心城市为郑州、邯郸、洛阳和淮北等4个。

根据1990、2000、2010年各城市相对于4个中心城市的经济隶属度数据,按照中心城市腹地范围判定方法,确定4个中心城市的腹地范围(表2)。

由表2,1990~2010年来中原经济区的区域中心城市没有变化,其组团结构相对比较稳定,其演变过程大致可划分为2个阶段:1990~2000年,郑州组团北扩,将长治并入;邯郸组团的腹地范围变小;洛阳组团和淮北组团的腹地范围不变。2000~2010年,郑州组团东扩,将阜阳并入;淮北组团腹地范围变小;邯郸组团和洛阳组团腹地范围不

表2 1990~2010年四大中心城市腹地范围
Table 2 The hinterland range of the four center cities in 1990-2010

时间 节点	中心 城市	腹地范围
1990	郑州	晋城、新乡、菏泽、焦作、开封、商丘、平顶山、许昌、济源、周口、南阳、驻马店、信阳
	邯郸	邢台、长治、聊城、安阳、鹤壁、濮阳
	洛阳	运城、三门峡、济源
	淮北	阜阳、亳州、宿州、蚌埠
2000	郑州	长治、晋城、新乡、菏泽、焦作、开封、商丘、平顶山、许昌、济源、周口、南阳、驻马店、信阳
	邯郸	邢台、聊城、安阳、鹤壁、濮阳
	洛阳	运城、三门峡、济源
	淮北	阜阳、亳州、宿州、蚌埠
2010	郑州	长治、晋城、新乡、菏泽、焦作、开封、商丘、平顶山、许昌、济源、周口、南阳、驻马店、信阳、阜阳
	邯郸	邢台、聊城、安阳、鹤壁、濮阳
	洛阳	运城、三门峡、济源
	淮北	亳州、宿州、蚌埠

变。近 20 a 来, 郑州组团的范围扩展, 洛阳组团腹地范围没有变化, 邯郸组团和淮北组团的腹地范围在缩小, 这反映了郑州的极化效应始终处于不断增强的态势, 成为推动中原经济区组团结构演变的一个重要因素。

2.3.2 “面”层次潜能空间分异演变分析

以 30 个省辖市区为研究对象, 在空间分布上为点状区域, 为了在“面”层次上反映潜能的空间分异特征, 可将研究的省辖市区这一点状空间扩展到其市域, 来反映这一社会经济现象的大体空间过程与特征。选取 1990、2000、2010 年 30 个省

辖市区潜能取自然对数后的标准化数值, 采用 ArcGIS9.3 中的 Kriging 方法进行空间插值(图 5)。

由图 5 可知, 1990~2010 年间中原经济区以郑州为核心的潜能高值区呈现不断收缩的趋势, 表明区域发展不平衡性加剧, 其演变过程可划分为 2 个阶段: 1990~2000 年, 以郑州为核心的潜能高值区的范围呈现不断收缩的趋势, 1990 年潜能核心区域的范围覆盖郑州、焦作、新乡、邯郸、安阳五市及其周边区域, 2000 年这一空间范围仅包含郑州市区, 表现出快速缩减的趋势, 表明区域的极化效应不断增强。潜能低值区主要集中在中原经济区西部和东南部。2000~2010 年, 潜能高值区收缩趋势放缓, 潜能低值区与高值区之间的等级差距缩小, 表明中原经济区开始步入核心区域极化阶段, 扩散效应也初步显现。

3 结论与讨论

3.1 结论

论文将中原经济区的 30 个省辖市市区作为研究对象, 按照“线”→“点”→“面”的分析思路, 运用引力模型、潜能模型与潜能得分、经济隶属度模型等各种模型计算获得各个城市的引力、潜能、潜能得分和经济隶属度数据, 分析 1990~2010 年间中原经济区城市间相互作用的演变过程与时空特征。得出如下结论: 第一, “线”层次上, 近 20 a 来, 城市之间的引力和城市的联结线数目不断增多, 时空差异明显, 1990~2000 年间联结线的数目及强度不断增大, 但是整体水平较低; 2000~2010 年间引力联结线数目和强度快速增加, 整体水平显著提高。第二, “点”层次上, 通过“线-点”叠加分析, 城市最大

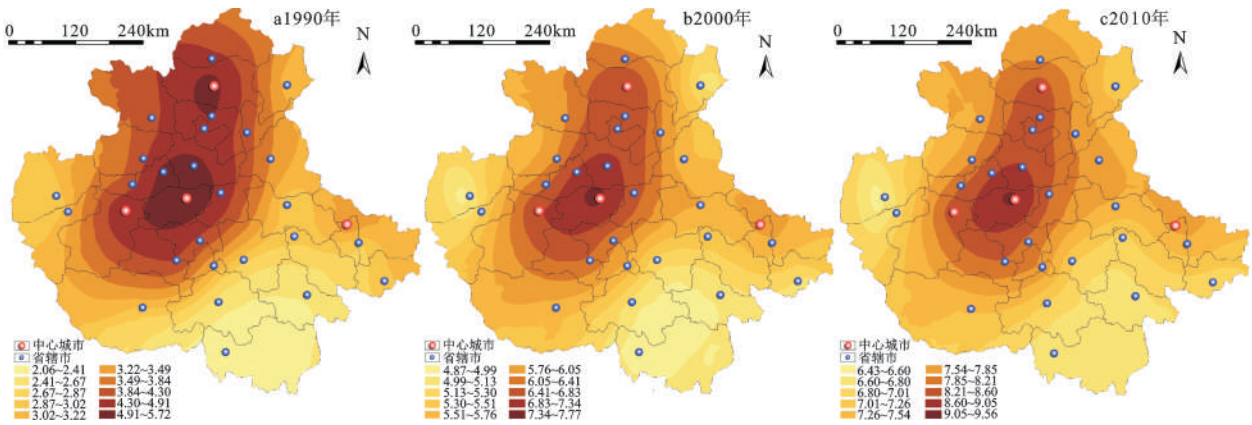


图5 中原经济区城市潜能空间分异
Fig.5 The potential Spatial differentiation in Central Plains Economic Zone

联结线数目不断增多,城市潜能等级不断增加,其时空差异性明显,1990~2000年间“线-点”格局变化迅速,而2000~2010年间这一格局放缓,各城市等级跃迁差异明显。第三,在“面”层次上,中原经济区的区域中心城市没有变化,但4个中心城市的腹地变化明显,1990~2000年的郑州组团北扩,2000~2010年该组团东扩。研究发现,潜能高值区域的空间收缩也表现出阶段性特征,1990~2000年间收缩明显,而2000~2010年间收缩放缓。

3.2 讨论

论文依据不同定量分析模型的特点,将引力模型、潜能模型与潜能得分模型、经济隶属度模型组合使用定量研究中原经济区城市间相互作用的时空演化特征,论文的局限在于使用了相对传统的量化研究方法,使用了GDP、人口等静态数据,优点在于各具特色的定量方法组合使用,能够规避某些方法的不足,可更为精细、全面刻画城市间相互作用特征。选择采用另一主流研究方法——城市流模型对中原经济区城市间经济联系的时空变化研究^[47,71,72]做对比,发现:尽管研究方法不同,但两者在城市间辐射强度、内在联系方面的结论是相似的。进一步研究发现,这两类研究都采用了静态的面板数据进行分析。对此,至少有2点需要深入研究:第一,研究方法不同,但两者的结论相似,不同研究方法产生的差异是什么。第二,数据是否是造成产生相似结果的主要原因。如果采用细化的分行业数据或者流数据,城市流模型可以比总量数据更能详细刻画其外向功能;而传统方法同样使用分行业数据或者流数据,是否还会产生相似的结论,这也是值得尝试的地方。同时,如何能够方便快捷地获取流数据也是当前研究需要面对的问题。当然,城市流模型也有其固有的不足:只能反映城市的外向辐射能力,却不能反映该城市外向辐射方向,因此,定量模型组合使用也许是更为有效、合理的做法。

参考文献:

- [1] 陆大道.区域发展及其空间结构[M].北京:科学出版社,1995.
- [2] Green F H W.Urban hinterlands in England and Wales:An analysis of bus services[J].Geogr.J., 1950,**96**(1):64-81.
- [3] Goddard J B.Functional regions within a city center:A study by factor analysis of taxi flows in Central London[J].Trans. Inst. Br.Geogr.,1970,**49**(2):161-180.
- [4] Edward J T.The urban hierarchy:An air passenger definition[J]. Economic Geography,1962,**37**(1):1-14.
- [5] Garrison W L.Spatial structure of economy I [J].Annals of the Association of American Geographers,1959,**49**:238-239.
- [6] Garrison W L.Spatial structure of economy II [J].Annals of the Association of American Geographers,1959,**49**:471-482.
- [7] Garrison W L.Spatial structure of economy III [J].Annals of the Association of American Geographers,1959,**50**:357-373.
- [8] Garrison W L,Marble D F.Quantitative geography.Part I:Economic and cultural topics[D]. Evanston: Northwestern University Studies in Geography,1967:13.
- [9] Haggett A C, Frey A.Location analysis in Human Geography [M]. New York: John Wiley and Sons, 1977.
- [10] Berry B J L,Horton F E.Geographic perspectives on urban systems[M].Englewood Cliffs,NJ:Prentice-Hall,1970.
- [11] 闫卫阳,王发曾,秦耀辰,等.城市空间相互作用理论模型的演进与机理[J].地理科学进展,2009,**28**(4):511-518.
- [12] 秦 玉.基于GIS的空间相互作用理论与模型研究[D].上海:同济大学,2008.
- [13] 郭仁忠.空间分析(第二版)[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [14] Ullman E L.American commodity flow[M].Seattle:University of Washington Press,1957.
- [15] Herbert David T, Thomas Colin J. Urbangeography:a first approach[J]. New York: John Wiley & Sons Ltd.,1982:1302-1308.
- [16] Han Jiawei,Micheline K. Data mining:concepts and techniques [M].范 明等译.北京:机械工业出版社,2001.
- [17] Alonso W A.Theory of Movements[C]// Hansen N M.Human settlement systems:international perspectives on structure, change and public Policy.Cambridge,Massachusetts:Ballinger Publishing Company,1978.
- [18] 周一星.主要经济联系方向论[J].城市规划,1998,(2):33-261.
- [19] 顾朝林.中国城市经济区划分的初步研究[J].地理学报,1991,**46**(2):129-141.
- [20] 顾朝林,庞海峰.基于重力模型的中国城市体系空间联系与区域划分[J].地理研究,2008,**27**(1):1-12.
- [21] 牛慧恩,孟庆民,胡其昌,等.甘肃与毗邻省区区域经济联系研究[J].经济地理,1998,**18**(3):51-56.
- [22] 孟德友,陆玉麒.基于引力模型的江苏区域经济联系强度与方向[J].地理科学进展,2009,**28**(5):697-704.
- [23] 乔旭宁,杨德刚,毛汉英,等.基于经济联系强度的乌鲁木齐市都市圈空间结构研究[J].地理科学进展,2007,**26**(6):86-95.
- [24] 梅志雄,徐颂军,欧阳军.近20年珠三角城市群城市空间相互作用时空演变[J].地理科学,2012,**32**(6):695-701.
- [25] 郑良海,邓晓兰,侯 英.基于引力模型的关中城市间联系测度分析[J].人文地理,2011,**26**(2):80-84,107.
- [26] 李国平,王立明,杨开忠.深圳与珠江三角洲区域经济联系的测度及分析[J].经济地理,2001,**21**(1):33-37.
- [27] 刘承良,余瑞林,熊剑平,等.武汉都市圈经济联系的空间结构[J].地理研究,2007,**26**(1):197-209.
- [28] 徐 辉,彭 萍.基于引力模型的江西省经济区划与协调发展研究[J].地理科学,2008,**28**(4):169-172.
- [29] 刘承良.武汉都市圈经济联系时空演变特征分析[J].人文地理,

- 2006,20(6):108~113.
- [30] 姜海宁,陆玉麒,吕国庆.江浙沪主要中心城市对外经济联系的测度分析[J].地理科学进展,2008,27(6):82~88.
- [31] 贾卓,陈兴鹏,袁媛.中国西部城市群城市间联系测度与功能升级研究——以兰白西城市群为例[J].城市发展研究,2013,20(4):71~76.
- [32] Simmons J.The urban system and linkages.building,connecting and sharing knowledge:a dialogue on linkages between communities[D]. Toronto: Ryerson University,2005.
- [33] 周一星,胡智勇.从航空运输看中国城市体系的空间网络结构[J].地理研究,2003,21(3):276~286.
- [34] 修春亮,赵映慧,宋伟.1990年以来东北地区铁路运输的空间极化[J].地理学报,2008,63(10):1097~1107.
- [35] 周一星,张莉.改革开放条件下的中国城市经济区[J].地理学报,2003,58(2):271~284.
- [36] 孟伟.基于铁路客货流的东北城镇系统空间极化研究[D].长春:东北师范大学,2007.
- [37] Keeling D J.Transport and the world city paradigm[C]//Knox P L,Taylor P J.World Cities in a World-System.Cambridge:Cambridge University Press,115-131.
- [38] 高燕.河北省公路客货流空间运输联系基本规律分析[J].黑龙江交通科技,2012,(6):121~122.
- [39] 苗长虹,王海江.河南省城市的经济联系方向与强度——兼论中原城市群的形成与对外联系[J].地理研究,2006,25(2):222~232.
- [40] 曹小曙,阎小培.珠江三角洲客、货运量的空间演化研究[J].人文地理,2002,17(2):66~68.
- [41] 朱道才,陆林,晋秀龙,等.基于引力模型的安徽城市空间格局研究[J].地理科学,2011,31(5):551~556.
- [42] 陈彦光.城市化水平增长曲线的类型、分段和研究方法[J].地理科学,2012,32(1):12~17.
- [43] 邓春玉.城市群际空间经济联系与地缘经济关系匹配分析——以珠三角建设全国重要经济中心为例[J].城市发展研究,2009,16(08):83~90.
- [44] 王士君,宋飏,冯章献,等.东北地区城市群组的格局、过程及城市流强度[J].地理科学,2011,31(3):287~294.
- [45] 李晋红.宁夏沿黄城市带城市间内在功能联系研究——基于城市流视角的分析[J].城市问题,2010,(6):70~74.
- [46] 施建刚,裘丽岚.成都平原城市群的城市流分析[J].长江流域资源与环境,2009,18(9):796~801.
- [47] 徐慧超,韩增林,赵林,等.中原经济区城市经济联系时空变化分析——基于城市流强度的视角[J].经济地理,2013,33(6):53~58.
- [48] 姜博,修春亮,赵映慧.“十五”时期环渤海城市群经济联系分析[J].地理科学,2009,29(3):347~352.
- [49] 李王鸣,江勇.基于城市流要素的区域城市内外部功能联系研究——以浙江省台州市域为例[J].经济地理,2012,32(2):59~65.
- [50] 唐娟,马晓冬,朱传耿,等.淮海经济区的城市经济联系格局分析[J].城市发展研究,2009,16(5):41~45.
- [51] 何涛,钱智.我国城市间经济联系的研究进展[J].上海师范大学学报(自然科学版),2010,39(6):653~657.
- [52] 林明水,谢红彬.基于经济联系强度的海峡西岸经济区空间格局分析[J].长江流域资源与环境,2011,20(07):838~842.
- [53] 孟德友,陆玉麒.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,2012,31(1):107~122.
- [54] 王德忠,庄仁兴.区域经济联系定量分析初探——以上海与苏锡常地区经济联系为例[J].地理科学,1996,16(1):51~57.
- [55] 兰宜生.广东与中西部经济联系的形式和实质探析[J].中国农村经济,2002,(4):70~76.
- [56] 梁政骥.中国主要城市间的创新联系研究[D].广州:广州大学,2012.
- [57] 孟德友,陆玉麒.高速铁路对河南沿线城市可达性及经济联系的影响[J].地理科学,2011,31(5):537~543.
- [58] 钟业喜,陆玉麒.基于空间联系的城市腹地范围划分——以江苏省为例[J].地理科学,2012,32(5):536~543.
- [59] 陈园园,李宁,丁四保.城市群空间联系能力与SOM神经网络分级研究——以辽中南城市群为例[J].地理科学,2011,31(12):1461~1467.
- [60] 孙东琪,张京祥,胡毅,等.基于产业空间联系的“大都市阴影区”形成机制解析——长三角城市群与京津冀城市群的比较研究[J].地理科学,2013,33(9):1043~1050.
- [61] 贾利军.长三角城市群空间经济结构特征分析[J].区域经济,2010,(2):96~98.
- [62] 朱英明,于念文.沪宁杭城市密集区城市流研究[J].城市规划汇刊,2002,(1):31~44.
- [63] 姜博,修春亮,赵映慧.环渤海地区三大城市群外向服务功能测度与比较[J].人文地理,2009,24(4):62~65.
- [64] 杨林军,巫继学,何大明.中原经济区产业结构发展战略研究[J].中州学刊,1985,(5):30~33.
- [65] 毛继周,冯德显,张震宇,等.中原经济区建立与郑州市发展[J].经济地理,1990,10(2):23~28.
- [66] 李波,张吉猷.基于ESDA的中原经济区城镇化空间关联研究[J].现代城市研究,2010,(4):96~99.
- [67] 丁志伟,张改素,王发曾.中原经济区“三化”协调的内在机理与定量分析[J].地理科学,2013,33(4):402~409.
- [68] 赵文亮,陈文峰,孟德友.中原经济区经济发展水平综合评价及时空格局演变[J].经济地理,2011,31(10):1585~1591.
- [69] 薛宝琪.中原经济区经济空间格局演化分析[J].经济地理,2013,33(1):15~20.
- [70] 王建国.构建中原经济区统筹协调的城乡支撑体系[J].中州学刊,2011,(1):88~91;95.
- [71] 吴继华,赵林.中原经济区城市流强度时空变化分析[J].辽宁师范大学学报(自然科学版),2013,36(1):128~133.
- [72] 赵林,韩增林,马慧强.中原经济区城市内在经济联系分析[J].经济地理,2012,32(3):57~62.
- [73] 杨虎乐.中原经济区城市间相互作用的时空格局变化研究[D].开封:河南大学,2013.
- [74] 中国国家发改委.中原经济区规划(2012~2020)[M/OL].http://finance.sina.com.cn/china/20121203/114813875957.shtml
- [75] 国家统计局城市社会经济调查司.中国城市统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,1991,1996~2011.

- [76] 公安部治安管理局.中华人民共和国全国分县市人口统计资料[M].北京:群众出版社,1991,1996~2011.
- [77] 河南省统计局.河南统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,1991,

1996~2011.

- [78] 王发曾,袁中金,陈太政.河南省城市体系功能组织研究[J].地理学报,1992,47(3): 274~283.

Spatio-temporal Pattern Evolution of the Interaction Among the Cities in Central Plains Economic Zone

LIU Jing-yu, YANG Hu-le, SONG Qiong, FAN Xiao-xia

(Research center of Region Development and Planning/College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng, Henan 475004, China)

Abstract: Central Plains Economic Zone (CPEZ) is an important strong point in the regional economic development of China. Studies on the interaction strength among the regional cities are conducive to the analysis of cities' economic connection degree. More importantly than all of that, this study is of great significance for urban spatial structure, spatial structural optimization of urban economy, and the development of the economic CPEZ zone. This article selected 30 provincially-administered cities from CEPZ zone to conduct analysis of Gravity Model, Potential Model, Potential Scores, and Membership Model. The the evolution process and the characteristic of the interactional spatio-temporal pattern of CEPZ cities for two decades (1990-2010) were investigated by the analysis strategy of "Line Point Surface". Gravitational forces among different cities were calculated and symbolized into varied lines on the base of size of statistic data. Thickness of the lines represents the connection characteristics between any two cities from CEPZ. Then, the potential capability of each city was figured out by using symbolized point to identify the potential grade of each city. The symbolized point and maximum gravity joint line were linked to show the connection characteristics. Finally, seven cities were chosen to play candidate regional central role. We calculated the economic membership of the seven candidate cities. The first results of economic membership were used to select regional central cities. At the same time, the spatial dimensions were determined for each candidate city. Kriging spatial interpolation was also applied in this study to express the standardized values in spatial pattern, which is based on the potential score from each city's economic capacity. The result shows that significant spatio-temporal differences occurred among the CPEZ cities. In "Line" level, the gravitational force has been enhanced and the count of join lines among the cities has been increased, where network structure appeared. We found that the variation of gravitational force is closely related to the count of joint lines. The same spatial pattern was observed in both of the variables. In "Point" level, "Lines" were stacked with points to perform the analysis. We also found the maximum joint line increased when the temporal-spatial difference occurred in city potential capacity. During the past two decades, the spatio-temporal differences varied significantly between selected cities. In "Surface" level, there is no change in regional central city. The other four cities, however, bear a significant change in hinterlands. Core Group—Zhengzhou Group extended in north direction in the first 10 years (1990-2000). It extended again in second 10 years (2000-2010) for eastern side. We also observed periodic characteristics of spatial shrink in the areas of high potential grade from 2000 to 2010.

Key words: interaction among the cities; city potential; Central Plains Economic Zone(CPEZ)