

武汉都市圈经济联系的空间结构

刘承良^{1,2}, 余瑞林³, 熊剑平^{1,2}, 朱俊林³, 张 红³

(1 湖北大学商学院旅游系, 武汉 430062; 2 湖北大学旅游发展研究院, 武汉 430062;

3 湖北大学资源环境学院, 武汉 430062)

摘要: 都市圈空间结构是城市体系中最综合、最富于变化的热点部分。基于武汉都市圈近年来的统计资料, 构建经济联系强度模型, 定量分析武汉都市圈空间竞争与范围的动态性特征: 中心城市对外经济联系存在主要方向, 具有时间惯性, 空间极化明显; 地域空间上经济联系作用强度距离衰减, 形成圈层结构分异。从点、线、面组合关系角度, 构建节点中心性、通道网络性、范围系统性指标, 定量揭示出武汉都市圈经济联系的空间结构等级层次性特征: 中心城市中心性等级差异明显, 空间分布不均, 与交通地理区位紧密相关; 主要通道与侍服能力也存在等级层次性, 明显形成两城际交通走廊; 中心城市腹地范围与自身外向经济联系强度密切相关, 受自然地理、行政区划影响明显。

关键词: 经济联系; 空间结构; 中心性; 网络性; Vonoroi 图; 等级层次性; 武汉都市圈范围

文章编号: 1000-0585(2007)01-0197-13

1 引言

城市信息化、工业化的快速发展及城市群体化现象的大规模涌现, 区域合作与交流的不断深入与拓展, 使得城市体系经济联系也更为活跃^[1], 以特大城市为核心的都市圈已成为区域经济发展和竞争的新单元^[2], 相关的都市圈经济联系空间研究成为热点之一^[3]。国外许多学者从区域经济学、城市地理学、区域地理学等角度对都市圈经济联系进行了全面系统的研究, 这些研究主要侧重于城市体系空间组织理论或实证研究^[4~6]、经济联系等级规模结构研究^[7~10]、空间结构演变^[11,12]、空间流及城市相互作用模型研究^[13,14]等。国内学者对都市圈的研究总体上起步较晚, 主要是借鉴国外都市圈发展实践与理论成果, 结合我国实际情况进行创新性研究, 研究内容涉及空间流分析^[15]、空间运输联系研究^[16,17]、空间结构研究^[18~20]、空间组织与城市经济区研究^[21~23]等方面。综观之, 专门探讨某一地区都市圈经济联系的空间结构规律研究很少。

武汉市作为华中地区的特大城市, 在湖北省乃至整个华中地区区域经济发展中起到重要的带动和推进作用。目前, 武汉都市圈正处于由初级向中级演进的关键阶段^[24], 在城市化、工业化、信息化等不断加速发展的环境下, 亟须分析武汉都市圈空间结构, 揭示其空间结构发育特征, 为城镇体系组织与产业经济布局优化提供理论与现实借鉴。

收稿日期: 2006-04-28; 修订日期: 2006-11-18

基金项目: 武汉市社科基金项目 (06011); 湖北省教育厅人文社科项目 (2006Y034)

作者简介: 刘承良 (1979-), 男, 湖北武汉人, 教师, 主要从事城市与区域规划、旅游规划与开发研究。

E-mail: juicelew@hubu.edu.cn

2 都市圈空间内涵与范围

2.1 都市圈空间内涵

不同学者在对都市圈的概念界定时有着不同的视角和侧重点。美国早期的都市圈研究针对城乡一体化现象,更侧重强调城市在地域空间上由单体转化为聚合体的空间组织形式;而日本的相关概念则更加侧重都市圈内部中心城市与邻近区域的空间相互作用,表现为城市-地区经济社会联系以一日为周期的“日通勤圈”^[25,26]。中国学者则认为中国的都市圈不同于美国早期的都市区,其规模范围大大超过前者,是自然联系与人为组织共同作用的产物,是城市群的一种空间组织形式。

综述之,学术界普遍认为都市圈(metropolitan area)是指是以一个或几个中心城市为核心,与中心城市保持密切社会经济联系的邻近城镇区域共同构成的地域空间上相互临近、功能上互相协作、形态上呈现圈层结构、具有一体化趋向的城市密集区^[25,26],是中心城市服务功能不断集散与周边城市地区密切联系所波及的最大功能地域范围^[27],也是具有密切功能联系、一体化趋向的融入人的规划组织理念的城镇空间组织形式^[28]。不同阶段,中心城市等级规模与作用强度不同,对外部经济社会影响范围也不同,形成不同空间尺度功能地域,一般分为单中心都市圈与多中心都市圈,具有层次性、动态性与系统性特征。

2.2 武汉都市圈空间范围

都市圈是一个系统概念,其内部各子系统之间的相互作用是其存在和发展的动力,其空间范围划分可通过构建空间相互作用的重力系统模型来实现。考虑武汉城市经济区范围为湖北及邻近豫南、湘北、赣西、徽西部分县市,选取湖北16个城市、河南4个(信阳、驻马店、南阳、郑州)、安徽3个(安庆、六安、合肥)、江西2个(九江、南昌)、湖南3个(岳阳、常德、长沙)共28座城市地域单元,构建经济联系强度和隶属度模型,动态度量武汉都市圈范围的变动特征。

2.2.1 经济联系强度与隶属度模型

(1) 构建经济联系强度模型: $R = \sqrt{P_i V_i} \sqrt{P V} \backslash D_i^2$ (1)

式中, P 、 V 分别为武汉市区总人口(万人)、工业总产值(亿元), P_i 、 V_i 分别为城市 i 市区总人口(万人)、工业总产值(亿元), D_i 为城市 i 距武汉市中心的距离(公路里程(km),由湖北省公路里程地图册2005获得)。表征城市间绝对经济联系量,反映武汉市对外经济联系范围。

(2) 界定经济联系隶属度(=城市经济联系量/圈域经济联系总量):

$$L_R = R_i \backslash \sum_{i=1}^n R_i \quad (2)$$

式中, R_i 为武汉市与城市 i 间经济联系量,以此为标准划分武汉市经济联系腹地层次。

(3) 引入变异系数:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2 \backslash n}}{\bar{R}} \quad (3)$$

式中, \bar{R} 为经济联系量 R_i 算术平均值,计算分析武汉对外经济联系量变化的区域离散程度。

2 2 2 武汉都市圈范围的空间变动

(1) 时序特征上, 武汉市对外经济联系存在主要联系方向, 并且表现出较强的时间惯性; 对外经济联系范围呈现先分散后集中的发展趋势。通过式 (1)、(2) 计算 1985~2002 年 18 年间, 武汉与周边主要城市间的经济联系量与隶属度指数 (表 1), 分析得出: 与武汉市经济联系量较大值城市保持明显的历史沿革性, 主要集中于邻近的 100km 范围内的鄂州、黄石、孝感、黄冈等市, 与武汉市经济联系依存度高, 产业关联度大, 空间作用明显, 其经济联系量大大超过与其他城市经济联系量之和, 占到对外经济联系总量的 60~80%, 形成内部经济联系较密切的武-鄂-黄-孝城市群。

由式 (3) 比较 1985、1990、1996、2002 年 4 个时间断面, 经济联系量变异系数分别为 1.81、1.50、1.62、1.91, 隶属度变异系数分别为 7.4、5.33、5.73、6.66, 均大于 1 (数据标准差大于均值), 说明武汉对外经济联系地域分布不均衡, 呈现高度集中化空间特征。1985~2002 年间经济联系量与隶属度变异系数先减小后增大, 武汉对外经济联系地域分布呈现先均衡分散后集中的发展趋势, 到 2002 年武汉对外直接经济联系范围逐步高度集中于近域范围, 与周边城市经济联系程度日趋紧密, 呈现一体化趋向。

表 1 武汉市对外经济联系隶属度 (%) 变化
Tab 1 The changes in the subject intensity of external economic linkages of Wuhan city

L _R	黄石	鄂州	孝感	黄冈	咸宁	仙桃	天门	潜江	荆门	荆州	随州	十堰	宜昌	襄樊
1985	22.11	29.00	17.75	/	5.04	/	/	/	3.00	1.98	3.79	0.58	1.20	1.08
1990	13.33	21.10	14.90	8.45	3.59	11.90	6.59	2.96	1.79	1.12	2.62	0.34	0.70	0.68
1996	9.30	25.77	11.60	4.77	2.56	15.69	7.80	4.31	2.11	1.92	3.95	0.27	0.50	0.53
2002	10.70	9.26	30.78	18.52	4.98	3.56	2.11	1.03	1.33	2.32	1.51	0.29	1.06	1.19
L _R	恩施	神农架	信阳	南阳	驻马店	郑州	六安	安庆	合肥	九江	南昌	岳阳	常德	长沙
1985	0.15	0.02	0.84	0.31	0.29	1.19	0.19	0.91	1.00	1.60	1.87	2.36	0.32	1.90
1990	0.09	0.007	0.61	0.23	0.27	0.75	0.13	0.58	0.68	1.08	1.20	1.54	0.51	1.26
1996	0.07	0.006	0.45	0.53	0.27	0.57	0.66	0.45	0.63	0.80	0.94	1.40	0.42	0.99
2002	0.18	0.005	0.58	0.23	0.14	0.28	0.14	0.13	0.24	0.34	0.46	0.61	0.19	0.57

资料来源: 据中国城市统计年鉴 (1991、1997、2003)、中国城市经济社会年鉴 (1986) 整理

(2) 空间结构上, 与邻近城市经济联系程度日益紧密, 受距离衰减律作用呈现圈层结构分异, 以武汉为中心, 形成 4 个等级圈层。依式 (2) 计算隶属度指数, 相应划分为四大腹地类型 (表 2): 黄石、鄂州、孝感, 经济联系量大, 隶属度 (一般>15%) 居主导地位, 形成武-鄂-黄-孝城市群为主体为核心圈, 为武汉市紧密腹地; 周边 150km 范围内的仙桃、黄冈、天门、咸宁、潜江、随州, 经济联系量较大, 隶属度一般>5%, 构成以鄂东南城市群为构架的中间圈, 为武汉的次紧密腹地; 300km 范围的内宜昌、襄樊、荆州、荆门、信阳、岳阳、九江经济联系量较小, 位于 2~13 间, 隶属度一般>1%, 与武汉市建立一定的经济联系, 构成外围圈, 为武汉的竞争腹地; 而 400km 以外的恩施、神农架、南阳、驻马店、六安、安庆、常德、南昌、长沙、郑州经济联系量很小, 小于 2, 处于边缘圈, 为武汉边缘腹地 (图 1)。

表 2 武汉市对外经济联系腹地空间变动

Tab 2 The spatial changes of external hinterlands of Wuhan city

联系腹地	1985 年	1990 年	1996 年	2002 年
紧密腹地	$L_R > 15\%$: 鄂州、黄石、孝感、黄冈	$L_R > 10\%$: 鄂州、孝感、黄石、仙桃	$L_R > 7\%$: 鄂州、仙桃、孝感、黄石、天门	$L_R > 5\%$: 孝感、黄冈、黄石、鄂州、咸宁
次紧密腹地	$L_R > 5\%$: 咸宁、仙桃、天门、潜江	$L_R > 2.5\%$: 黄冈、天门、咸宁、潜江、随州	$L_R > 2\%$: 黄冈、潜江、随州、咸宁、荆门	$L_R > 1.5\%$: 仙桃、天门、荆州、随州
竞争腹地	$L_R > 1\%$: 随州、荆门、荆州、宜昌、襄樊、九江、岳阳、合肥、南昌、郑州、长沙	$L_R > 0.5\%$: 荆门、荆州、九江、南昌、岳阳、长沙、郑州、合肥	$L_R > 0.5\%$: 荆州、岳阳、长沙、南昌、九江、合肥、六安、南阳、宜昌、襄樊	$L_R > 0.5\%$: 荆门、襄樊、宜昌、潜江、岳阳、长沙、信阳
边缘腹地	$L_R < 1\%$: 十堰、恩施、神农架、信阳、南阳、驻马店、六安、安庆、常德	$L_R < 0.5\%$: 十堰、襄樊、恩施、神农架、信阳、南阳、驻马店、六安、安庆、常德	$L_R < 0.5\%$: 十堰、恩施、神农架、信阳、驻马店、安庆、常德、	$L_R < 0.5\%$: 十堰、恩施、神农架、南阳、驻马店、六安、安庆、常德、南昌、九江、合肥、六安、安庆、郑州

资料来源: 据中国城市统计年鉴(1991、1997、2003)、中国城市经济社会年鉴(1986)整理

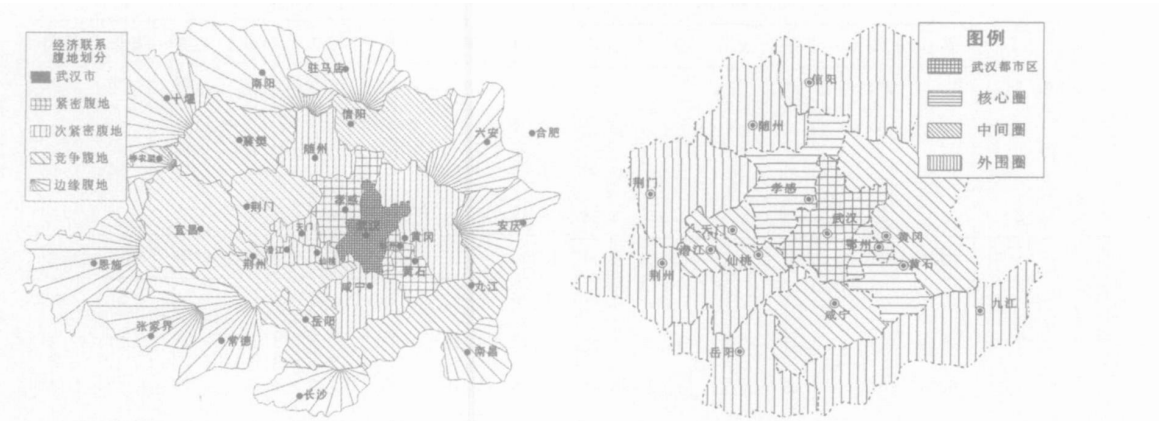


图 1 武汉对外经济联系腹地层次划分

Fig 1 Hinterlands division of Wuhan external economic linkages



图 2 武汉都市圈空间范围

Fig 2 Spatial ranges of Wuhan metropolitan area

2 2 3 武汉都市圈范围的界定 依据武汉对外经济联系范围空间变动规律, 武汉都市圈最大功能地域范围涵盖 300km 范围内的鄂东、鄂中及省周边城市, 整个圈域中心城市与武汉市保持或多或少的经济社会联系, 依据经济联系强度大小, 武汉都市圈的空间影响范围具有明显的层级性与动态性, 即不同发展阶段, 区域核心城市武汉市直接影响范围不断向外扩张, 形成不同空间尺度划分体系, 体现出武汉都市圈职能集散效应的时空拓展过程。

综合武汉中心城市集散能量、区域发展背景、流量要素强度、日常通达性等度量指标, 大致以 100km、150km、300km、400km 为半径, 以经济联系隶属度为主导因子, 参

考空间流量、距离及通达性变化 (利用 GIS 软件 Mapinfo7.0 空间分析量算), 从狭域、中域、广域不同空间尺度上, 动态、实证划分武汉都市圈空间范围: 核心圈 (武汉、鄂州、黄石、孝感四市, 形成武- 鄂- 黄- 孝城市密集区)、中间圈 (黄冈、仙桃、天门、潜江、咸宁五市)、外围圈(随州、信阳、九江、岳阳、荆州、荆门六市)(图 2)。300km 范围外为武汉城市圈的竞争与发展圈, 远期随着城市圈的经济社会发展与功能集散效应作用, 可逐步纳入联合构建武汉都市连绵区及中部都市带等高级城镇群体空间组织形态(表3)。

表 3 武汉城市圈空间范围划分层次

Tab 3 The compartment of spatial ranges of Wuhan metropolitan area						
划分评价指标	单中心都市圈 (大都市区)	核心圈层 (狭域)	多中心都市圈 中间圈层 (中域)	外围圈层 (广域)	都市连绵区 (发展圈层)	大都市带 (联合都市圈)
经济联系强度(Ri)	> 50	> 30	> 10	> 5	> 1	> 0.2
经济联系隶属度(L _R)	> 50%	> 10%	> 5%	> 1%	> 0.3%	> 0.1%
公路里程(D)	< 50km	50~ 100 km	100~ 150km	150~ 300km	300~ 450km	450~ 600k m
日常可达性(A _T)	0.5~ 1h	1.5h	2.5h	3~ 4h	4~ 5h	< 8h
区域范围划分	武汉市	鄂州、黄石、 孝感	黄冈、仙桃、 天门、潜江、 咸宁	荆州、荆门、 岳阳、九江、 随州、信阳	十堰、恩施、 襄樊、宜昌、 六安、安庆、 南阳、驻马店、 常德	长株潭、中原 城市群、昌九 工业走廊

资料来源: 据表 1 相关数据、湖北省地图册(2004)整理

3 经济联系节点 (中心城市) 的中心性分析

城市中心性 (centrality) 是指一个城市为其他地区服务的相对重要性, 表现为替其他地区提供中心商品与服务的能力, 是衡量中心城市在城市体系中的功能地位高低的重要指标。自 1933 年克里斯塔勒提出中心地理论以来, 许多学者先后利用零售业、服务业销售额、城市中心职能指数、城市个体交互作用量等指标度量中心性, 但多是单指标; 与此同时, 国内学者在研究城市中心性时与结节性混为一谈, 忽视了中心性“对外服务相对重要性”内涵, 用绝对重要性代替相对重要性, 用城市规模总量指标 (人口规模、经济规模、建成区规模等) 衡量城市功能地位的高低, 放大了规模因素在城市等级体系中的作用程度^[29]。

本文选取批发零售贸易餐饮、金融保险、社会服务、机关团体、房地产、科研综合技术服务、交通仓储邮电通信、制造等 8 项产业从业人员数据, 建立劳动就业中心性评价指标体系, 着重分析武汉都市圈域中心城市基本服务与产品输出能力的等级差异。

采用普林斯顿模型(C (中心性) = N (结节性) - L (非基本部分)), 运用最小需要量算法计算劳动就业中心性:

$$C_{ij} = U_{ij} - K_{ij} \times W_{ij} / 100 \tag{4}$$

式中: C_{ij} 是 i 城市 j 行业劳动就业中心性指标值 (万人); U_{ij} 是 i 城市 j 行业从业人员总数 (万人); K_{ij} 是 i 城市 j 行业的最小需要量 (%); W_{ij} 是 i 城市非农业从业人员总数 (不包括农林牧渔业) (万人)。

最小需要量 K_{ij} 由回归方程 $K_i = a_i + b_i \times \lg P$ 求得, 式中: K_i 是 i 行业 P 规模城市的最小需要量; a_i 、 b_i 是回归参数, 由下式求得 $E_{ij} = a_i + b_i \times \lg P_j$, 式中: E_{ij} 是第 j 规模组

中实际找到的*i* 行业最小从业人员比重 (即样本值) (表 4); P_j 是第*j* 规模组城市的人口中位数。运用上述公式求得各城市各行业劳动就业中心性指数, 求和得出各城市劳动就业中心性指数, 取最小值天门为 1, 标准化处理得出标准化中心性指数 (表 5)。

表 4 武汉都市圈各规模级城市各行业最小从业人员比重

Tab 4 The least percentage of the employees by sector at each scale level in Wuhan metropolitan area											
规模等级	中位数人口 (万人)	城市个数	各行业最小从业人员占市区非农行业从业人员的最小比重 (E_{ij})								
			行业 1	行业 2	行业 3	行业 4	行业 5	行业 6	行业 7	行业 8	
> 200 万	459.34	1	10.32%	2.72%	7.20%	6.55%	1.58%	2.72%	6.12%	35.72%	
100~ 200	116.41	5	5.65%	3.38%	4.68%	8.07%	0.20%	0.69%	4.37%	20.24%	
50~ 100	79.72	6	2.64%	1.60%	1.83%	5.60%	0.24%	0.43%	2.25%	18.80%	
20~ 50	32.56	3	7.23%	1.92%	4.35%	5.54%	0.60%	0.74%	6.42%	32.31%	

资料来源: 据中国城市统计年鉴 (2003)、湖北省统计年鉴 (2003) 整理

表 5 武汉都市圈中心城市劳动就业中心性指数

Tab 5 Centrality index of every city in Wuhan metropolitan area							
城市	就业中心性指数 (万人)	标准化中心性指数	城市	就业中心性指数 (万人)	标准化中心性指数	城市	就业中心性指数 (万人)
武汉	957.71	38.76	咸宁	39.31	1.59	荆州	97.58
黄石	126.25	5.11	仙桃	40.74	1.65	随州	68.01
鄂州	103.67	4.20	天门	24.71	1.00	信阳	101.49
孝感	52.25	2.11	潜江	66.22	2.68	九江	83.83
黄冈	39.63	1.60	荆门	59.40	2.40	岳阳	114.26

资料来源: 据中国城市统计年鉴 (2003) 整理

由表 5 分析得出: (1) 圈域中心城市中心性等级差异明显, 形成“一极集中”的地域构造形态。武汉中心性指数高居第一位, 远高于圈域其他中心城市, 标准化中心性指数极差达到 37.76, 为圈域性一级中心城市; 黄石、岳阳、鄂州、信阳、荆州、九江标准化中心性指数处于 3.39~ 5.11 间, 为区域性二级中心城市, 岳阳市为湘北经济中心城市, 省域副中心城市, 九江为赣北经济中心城市, 省域副中心城市, 信阳为豫南经济中心城市, 黄石、鄂州紧邻武汉市, 属鄂东经济中心城市, 荆州、为鄂中经济中心城市, 省域副中心城市; 其他中心城市中心性综合指数均小于 3.39, 为地方性三级中心城市 (图 3)。此外, 二级中心城市与三级中心城市标准化中心性指数相差不大, 变异系数很小, 一定程度上揭示都市圈城镇体系结构极化明显, 首位度过大, 核心城市武汉规模 (人口、产业、城镇用地规模) 过大, 其他圈域中心城市规模接近, 呈现“一极集中”的分布形态。

(2) 圈域中心城市空间等级分布不均,

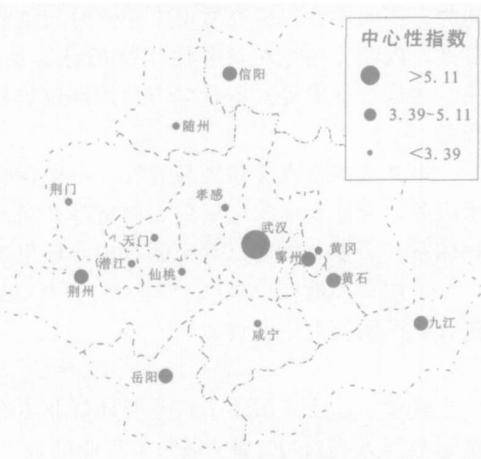


图 3 武汉城市圈经济联系节点中心性等级体系
Fig 3 Hierarchical system of centrality on economic linkage in Wuhan metropolitan area

二级中心城市集中分布于核心圈与外围圈，初步形成两条城市带：信阳- 孝感- 武汉- 鄂州- 黄石- 九江城市带、荆门- 荆州- 岳阳城市带，三级中心城市集中于圈域中间圈层，空间结构上呈现中间圈城市中心性指数低、核心与外围圈城市中心性指数高的“鞍形”形态。

(3) 圈域中心城市对外经济联系作用强度与地理区位有关。外在作用力较强，中心性较大的二级中心城市（岳阳- 武汉- 信阳、荆州- 武汉- 鄂州- 黄石- 九江）基本上分布于南北向京广铁路（京珠高速）、东西向沪蓉高速沿线，初步形成交通经济带与城市带空间融合格局；邻近武汉的核心圈城市（鄂州、黄石市）以及处于边缘的外围圈中心城市（荆州、岳阳、九江、信阳四市）外向作用强度大，一定程度反映出武汉对外经济联系的带动与抑制作用均较强，核心圈紧邻武汉充分接受武汉强大的功能扩散作用，中间圈城市由于传统基础弱，不断面临武汉对外空间作用的“反波效应”，处于“都市圈发展阴影区”（development shadow）^[25]，而外围圈中心城市地处边缘，存在地缘优势，经受中心城市武汉及周边大城市（郑州、长沙、南昌）的空间竞争挤压较小，迅速发展成地区中心城市（图3）。

4 经济联系通道的网络性分析

经济联系是空间运输联系中最活跃的部分，客运量和货运量又是运输联系最本质的表征。假设武汉都市圈域各城市客货流量按一定比例输运到圈域范围内其它城市，各城市间的流入（出）量与其自身的客货运量成正比^[30]。构建运输分配模型：

$$C_{ij} = F_i F_j \backslash \sum_{j=1}^n F_l$$
$$\sum_{j=1}^n C_{ij} = F_i$$

(5)

式（5）中 C_{ij} 表示城市 i 输送到城市 j 的客货流量系数， F_i 、 F_j 、 F_l 为城市 i 、 j 、 l 本身的客货运量（ $l \neq i$ ）。选取武汉都市圈域内 15 个城市客货运量数据（表 6），利用运输分配模型式（5）构建 C_{15}^2 组经济联系通道客货流量系数 $C_{i+j} = (C_{ij} + C_{ji})/2$ ，定量评价 C_{15}^2 组经济联系通道网络的等级性（表 6）。

表 6 武汉都市圈相邻城市间客货流量系数（2002）

Tab 6 Coefficient of inter-urban passengers and freight flows intensity in Wuhan metropolitan area

联系通道	武汉- 黄石	武汉- 鄂州	武汉- 孝感	武汉- 黄冈	武汉- 咸宁	武汉- 仙桃	黄石- 鄂州	黄石- 黄冈
客流量系数	461	254	1567	1420	507	209	61	339
货流量系数	1646	705	1510	729	218	205	216	223
联系通道	黄冈- 信阳	咸宁- 九江	咸宁- 岳阳	咸宁- 荆州	仙桃- 荆州	仙桃- 孝感	仙桃- 潜江	仙桃- 天门
客流量系数	663	185	489	210	86	169	23	23
货流量系数	181	26	54	22	21	57	6	2
黄石- 九江	黄石- 咸宁	鄂州- 黄冈	鄂州- 咸宁	孝感- 黄冈	孝感- 随州	孝感- 信阳	孝感- 荆门	孝感- 天门
168	121	186	66	1152	211	732	509	172
194	67	95	29	205	81	374	339	17
潜江- 天门	潜江- 荆州	潜江- 荆门	天门- 荆门	随州- 荆门	随州- 信阳	荆门- 荆州	荆州- 岳阳	岳阳- 九江
24	90	70	69	84	121	260	772	680
2	15	33	14	65	71	121	134	157

资料来源：据湖北省统计年鉴（2003）、中国城市统计年鉴（2003）整理

由表 6 可以分析出:

(1) 客运流量在南北向信阳-孝感-武汉-岳阳一线占绝对主导地位, 集中分布于武(汉)-孝(感)-黄(冈)城市密集区。武汉-孝感、武汉-黄冈、黄冈-孝感一线客流量系数大于 1000, 处于第一等级, 武(汉)-孝(感)-黄(冈)三市间客运交流频繁。信阳-孝感、信阳-黄冈、荆门-孝感、荆州-岳阳、岳阳-九江、武汉-咸宁一线客流量系数大于 500, 处于第二等级, 黄石-黄冈、黄冈-鄂州、武汉-鄂州、随州-孝感、孝感-天门、荆门-荆州、黄石-咸宁等客流量系数大于 100, 处于第三等级, 其余小于 100 为第四等级 (图 4)。

(2) 货运流量高度集中于黄石-武汉-孝感一线, 黄石、孝感、黄冈、鄂州、武汉五市间货运交流强烈。武汉-黄石、武汉-孝感、武汉-黄冈、武汉-鄂州一线占据前四位, 货流量系数均大于 700, 而孝感-信阳、武汉-咸宁、孝感-荆门一线次之, 货流量系数大于 300, 突出反映出货物运输联系在近邻的黄石、孝感和外围的信阳、荆门较繁忙, 铁路与公路货运联系占主导地位 (图 5)。

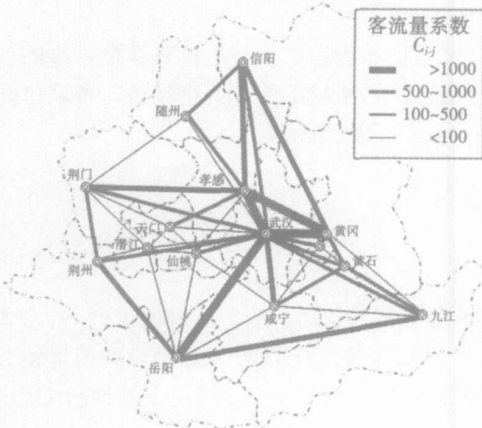


图 4 武汉都市圈经济联系网络客流量等级体系

Fig 4 Hierarchical system of passengers flow on economic linkages network in Wuhan metropolitan area

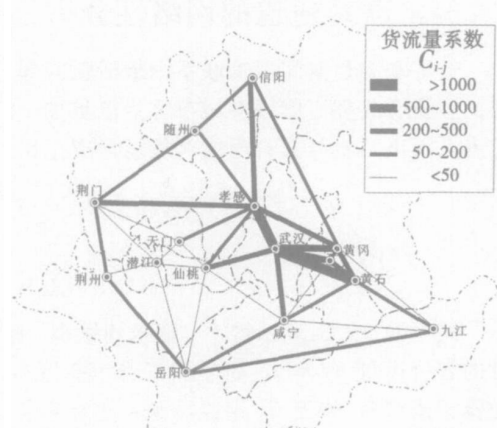


图 5 武汉都市圈经济联系网络货流量等级体系

Fig 5 Hierarchical system of freight flow on economic linkages network in Wuhan metropolitan area

(3) 客货运量空间分布表现出以武汉为强中心的辐射状交通网络, 综合形成南北向的以京广线为主轴的主交通走廊、东西向以长荆线、京九线孝感-黄石段为主轴的次交通走廊。京广沿线的信阳-孝感-黄冈-黄石-武汉-岳阳客货运量等级最高, 集中全域客运总量的 60% 以上, 货运总量的 70%, 武汉-岳阳、武汉-孝感、武汉-黄冈、黄冈-孝感、武汉-信阳、信阳-黄冈、武汉-咸宁一线客货运量大大高于其他网络通道, 依托京广铁路线、107 国道、长(沙)-(武)汉-郑(州)高速公路等主干道, 客货运交流频繁, 成为都市圈域贯穿南北向的主要经济联系交通走廊。而荆门-孝感、武汉-黄石、黄石-九江一线客货运量次之, 较前者东西向客货运交流流量不大, 依托长(江埠)荆(门)铁路、(武)汉九(江)铁路成为都市圈域次要经济联系交通走廊。客货流量空间分布不均衡, 高度集中于武汉都市圈核心圈层, 武汉-孝感-黄冈-黄石-鄂州一线, 客货流量系数均较大, 外围圈层的信阳-随州-荆门-荆州-岳阳-九江一线客货流量次之, 而中间圈层的仙桃-潜江-天门一线客货流量很小 (图 4、5)。

5 经济联系范围（城市影响域）的地域系统分析

城市经济影响区是城市对外经济联系的结节地域范围，是中心城市经济活动影响能力能够带动和促进区域经济发展的最大地域范围，表现为城市-腹地间相互联系与作用的地域系统，定量确定城市体系经济联系范围主要运用城市空间相互作用原理构造断裂点公式进行地域划分。

断裂点公式划分存在明显缺陷，城市人口并不能全面反映城市对外辐射力与吸引力，同时由于选取城市样点过少易导致范围划分过于粗略，并且断裂点公式不能很好保证经济影响区内每个质点受中心城市经济影响力最大，导致经济影响区划分出现较大偏差。

城市中心地的地域结构是泰森（Thiessen）多边形^[31]，利用 GIS 构建 voronoi 图成为研究城市经济客体影响范围的重要分析工具。因此这里采用多元统计指标创建中心性综合指数以弥补城市人口单指标局限性，选取 42 个城镇节点，利用 GIS 软件 Mapinfo7.0 构造 voronoi 图进行空间分割，以保证每个划分单元所有点（城市）受中心点（中心城市）经济影响最大^[32]，对断裂点划分城市经济影响区进行图形修正，以探讨一种城市经济区空间组织相对科学的新方法。

5.1 城市等级体系划分

依据中心性综合指数（表 5）划分城市等级，武汉中心性指数大大高于圈域其他城市，处于第一等级，腹地范围涵盖整个圈域；岳阳、荆州、九江、信阳、黄石、鄂州为第二等级，中心性综合指数处于 3.39~5.11 间；黄冈、荆门、随州、仙桃、天门、潜江、咸宁等中心性综合指数介于 1~3.39，为第三等级；其余县级市、县（区）城镇中心性综合指数小于 1，处于第四等级。

5.2 断裂点划分

运用康维斯（Converse）断裂点公式：

$$d_A = D_{AB} / (1 + \sqrt{P_B / P_A}) \tag{6}$$

式中， d_A 为断裂点距城市 A 距离， P_A 、 P_B 为城市中心性综合指数。选择第二、三等级城市，同一等级城市间，进行相邻腹地划分，过断裂点作垂线，近似平滑曲线连接相邻断裂点，作图构造断裂弧。

5.3 构建 voronoi 图

运用 GIS 软件 Mapinfo7.0 可以实现普通 voronoi 图，选取第四等级城市（镇）创建普通 voronoi 图（图 6），分析各 voronoi 格网与断裂弧吻合程度，以 voronoi 格网边线修正断裂弧（图 7），保证各断裂弧及圈域外围边界线围成各泰森多边形内 voronoi 格完整性。

5.4 空间叠加图形修正

通过 Mapinfo7.0 叠加县域边界、圈域自然地理环境等空间数据，保持县域单元完整性与区内一致性，综合圈域自然地理界限、交通网络，划分城市经济影响区（图 8、表 7）。

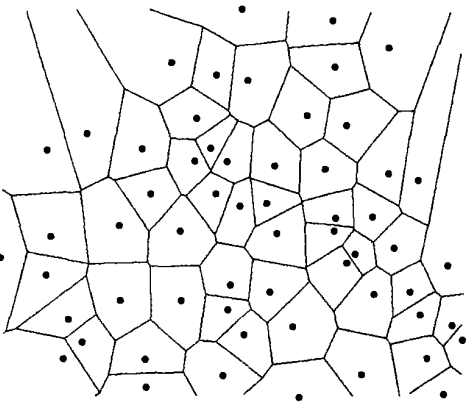


图 6 武汉都市圈城市体系 voronoi 图
Fig 6 Voronoi diagrams of urban system in Wuhan metropolitan area

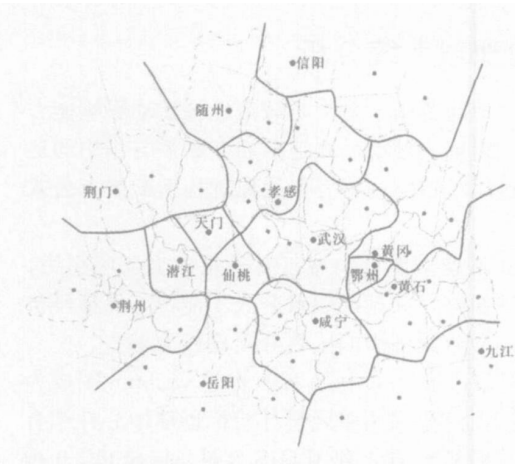


图 7 武汉都市圈中心城市经济影响范围

Fig 7 Economic attracting ranges of central cities in Wuhan metropolitan area

5.5 小结

(1) 经济影响区界线存在重叠与非全覆盖, 高等级城市经济影响区界线并非都是以低级经济区界线为基础, 处在两个上级城市经济影响区交界附近的下级经济影响区受到分割(如监利县), 不同城市经济影响区间出现相互交叉与渗透。

(2) 区划界线与行政区界线基本相似, 吻合程度较高。城市经济影响区界线与城市行政界线完全一致的不多, 相差太大的也不多, 说明行政因素对城市对外经济影响区的形成与发展影响较大, 反映综合考虑行政区界线进行城市经济影响区的空间组织方法相对科学。

(3) 普通 voronoi 图并未考虑城市自身的等级规模差异,

导致图 6 中低等级城镇与高等级城市 voronoi 格网大小相差不大, 不同等级中心城市影响域 voronoi 格网划分与现实相矛盾; 通过中心城市等级划分进行同级城市 voronoi 格网与断裂点分割一定程度上解决上述矛盾, 但仍欠科学。

基于编程语言的 Arc/info 或基于 MapX+ VB 的 Mapinfo 的二次编程开发, 采用城市规模多元统计指标(中心性综合指数)作为权重, 创建加权 voronoi 图^[33]: 设 $P_i(i=1, 2,$



图 8 武汉都市圈中心城市经济影响区划方案

Fig. 8 Urban economic region of central cities in Wuhan metropolitan area

表 7 武汉都市圈中心城市经济影响区划方案

Tab 7 Framework of urban economic regionalization in Wuhan metropolitan area

中心城市	经济影响域(所辖县、市、区)
武汉*	辖 13 区、汉川市
黄石	辖 4 区 1 县 1 市、黄梅县、蕲春县、浠水县
鄂州	鄂州
黄冈	黄州区、团风县、英山县、罗田县、麻城市
孝感	孝南区、安陆市、应城市、云梦县、孝昌县、大悟县、红安县
咸宁	咸安区、赤壁市、嘉鱼县、通山县、崇阳县
仙桃	仙桃
天门	天门
潜江	潜江
荆州	荆州区、沙市区、松滋市、石首市、公安县、江陵县、监利县北
荆门	荆门
随州	随州
信阳	信阳
九江	九江
岳阳	辖 2 区 4 县 2 市、洪湖市、监利县南

资料来源: 据湖北省统计年鉴(2003)、中国城市统计年鉴(2003)整理

* 武汉经济影响范围覆盖全圈域, 图 7、表 7 界定的经济影响区范围通过过图连接武汉与中圈层城市断裂点获得, 实为武汉直接影响范围。

..., n) 为二维欧氏空间上的 n 个点, $\lambda(i = 1, 2, \dots, n)$ 为 P_i 权重, 通过矢量计算

$$V_n(P_i, \lambda) = \bigcap_{i \neq j} \left\{ P \left| \frac{d(P, P_i)}{\lambda} < \frac{d(P, P_j)}{\lambda} \right. \right\} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

分割几何空间, 揭示城镇

体系空间腹地竞争特征, 有待进一步实证探讨。

6 结论与讨论

都市圈经济联系与空间结构具有复杂性、系统性、动态性、自组织性特征, 二者相互渗透、互相作用, 经济联系发展与变化推动地域空间系统重构与嬗替, 地域空间系统优化与升级则加快区域经济联系发育与成熟^[34], 二者相互耦合、螺旋上升推动都市圈由低级发展到高级, 由萌芽发展到成熟。

武汉都市圈是以武汉大都市区为核心, 与中心区保持密切社会经济联系的邻近城镇区域共同构成的地域空间上相互临近、功能上互相协作、形态上呈现圈层结构、具有一体化趋向的城市密集区, 是武汉市对外经济联系与功能集散作用的最大地域范围。其都市圈空间范围表现出明显的动态性与层次性结构特征, 具有不同空间尺度, 空间划分体系与中心城市经济联系与功能集散发展水平密切相关, 通常以经济社会要素流为标准, 其理论基础是空间相互作用模型。构建经济联系作用强度模型, 定量界定武汉都市圈地域范围为一与武汉市功能集散能级相适应的狭域、中域、广域空间体系。

都市圈域经济联系空间特征表现为节点 (城市与城市体系)、通道 (城市联系网络)、域面 (城市腹地) 三要素的空间组合关系与作用方式。从点线面空间组合方式, 定量分析都市圈空间特征, 以揭示当前社会经济大转型期 (society and economic shift)^[35] 经济联系发育与演化规律成为城市地理学研究的焦点, 其系统性、动态性、自组织性的复杂性空间规律研究, 已成为地理学新的研究范式 (paradigm)^[36]:

(1) 经济联系节点。构建多指标体系, 运用普林斯顿模型与经济基础理论, 通过 SPSS11.0 统计分析, 计算中心性指数, 揭示出: 中心城市中心性等级差异明显, 空间分布不均, 与交通地理区位紧密相关。

(2) 经济联系通道。构建运输分配模型, 计算客货流量系数, 揭示出: 经济联系通道的网络发育与侍服能力存在等级层次性, 城际经济联系存在主要经济联系方向^[37], 表现出以武汉为强中心的辐射状交通网络, 综合形成南北向的以京广线为主交通走廊、东西向以长荆线、京九线孝感—黄石段为轴的次交通走廊。

(3) 经济联系范围。运用 Mapinfo7.0 空间分析软件, 构造 voronoi 图修正断裂弧, 综合考虑中心城市中心性等级规模, 实证划分圈域中心城市影响域, 得出: 中心城市经济联系范围是中心城市经济影响力的地域系统表现, 与城市自身对外经济联系强度密切相关, 受行政区划影响明显, 表现出明显的城镇体系“行政区划组织经济”运行模式。

尽管注重数理模型与 GIS 空间分析等定量手段的创新运用, 但仍存在诸多方面有待进一步深化: (1) 研究方法的创新与发展。基于 RS、GIS 的城市圈 CA 模型地域扩展研究。实证流量算法。加权 voronoi 图界定中心城市经济联系域。(2) 研究内容的深化与完善。从微观视角, 分析城市圈城际产业、企业联系特征。信息、技术、知识等空间交流带来空间结构重构。

致谢: 论文写作过程中承蒙审稿学者和湖北大学资源环境学院王新生教授提出宝贵意见, 特此致谢。

参考文献:

- [1] 朱英明, 姚士谋. 国外区域联系研究综述. 世界地理研究, 2001, 10(2): 16~ 24
- [2] 殷毅, 曾文. 武汉都市圈发展研究. “21世纪城市发展”国际会议论文集, 2004 11: 313~ 323
- [3] 熊剑平, 刘承良, 等. 国外城市群经济联系空间研究进展. 世界地理研究, 2006, 15(1): 63~ 70.
- [4] Gottman J. Megalopolis or the urbanization of the Northeastern Seaboard. *Economic Geography*, 1957, 33(7): 31~ 40
- [5] Gottman J. Megalopolis: the urbanization of the Northeastern Seaboard of the United States. Cambridge: The M. I T Press, 1961.
- [6] Donald J. Bogue, Calvin L. Beale. *Economic Areas of the United States* New York: The Free Press of Glencoe, 1961.
- [7] Cohen R. The international division of labor, multinational corporation and urban hierarchy. In: M. Dear, Scott. *Urbanization and Urban Planning in Capitalist Society*, 1981: 287~ 315
- [8] Friedmann J. World cities hypothesis. *Growth and Change*, 1986, 17: 69~ 83
- [9] Meyer D. World system of cities: relation between international financial metropolises and South American cities. *Social Force*, 1986, 64: 553~ 581
- [10] Friedmann J. Wolf G. World city formation. *International Journal of Urban and Region Research*, 1982, 6(3): 309~ 344
- [11] Wallis A. D. Evolving structures and challenges of metropolitan regions—augmented title: part of a symposium on the challenge of American renewal. *National Civic Review*, 1994, 83(1): 40~ 53
- [12] Gustavo G. Global economy, metropolitan dynamics and urban policies in Mexico. *Cities*, 1999, 16(3): 149~ 170
- [13] Schonharting J, Alexander Schmidt, *et al.* Towards the multimodal transport of people and freight: interconnective networks in the Rhein Ruhr Metropolis. *Journal of Transport Geography*, 2003, 11: 193~ 203
- [14] Hesse M, Rodrigue J. P. The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*, 2004, 12: 171~ 184
- [15] 朱英明, 于念文. 沪宁杭城市密集区城市流研究. 城市规划汇刊, 2002, (1): 31~ 35
- [16] 张文尝, 金凤君, 唐秀芳. 运输联系的颁布与交流规律研究. 地理学报, 1994, 49(6): 490~ 499.
- [17] 周一星, 胡智勇. 从航空运输看中国城市体系的空间结构. 地理研究, 2002, 21(3): 276~ 285.
- [18] 周一星, 张莉. 中国大陆对外经济联系的空间格局. 经济地理, 2000, 20(1): 18~ 24
- [19] 陈存友, 汤建中. 大都市区城市经济整合发展研究——以长江三角洲为例. 中国软科学, 2003, (6): 120~ 124
- [20] 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. 经济地理, 2001, 21(1): 33~ 37.
- [21] 周一星, 张莉. 改革开放条件下的中国城市经济区. 地理学报, 2003, 58(2): 271~ 284
- [22] 张京祥. 城镇群体空间组合. 南京: 东南大学出版社, 2000
- [23] 胡刚, 姚士谋. 构建环杭州湾巨型组合城市研究. 经济地理, 2002, 22(2): 174~ 178
- [24] 刘承良. 武汉都市圈经济联系时空演变分析. 人文地理, 2007, 22(1).
- [25] 张京祥, 邹军, 吴启焰, 等. 论都市圈地域空间的组织. 城市规划, 2001, 25(5): 19~ 23
- [26] 山鹿诚次. 日本之大都市圈. 东京: 大明堂, 1984
- [27] 谭成文, 杨开忠, 谭遂. 中国首都圈的概念与划分. 地理学与国土研究, 2000, 16(4): 1~ 7
- [28] 李国平, 孙铁山, 张文忠, 等. 首都圈: 结构、分式与营建战略. 北京: 中国城市出版社, 2004
- [29] 张莉. 开放条件下中国城市经济区研究. 北京大学博士论文. 2003
- [30] 曹小曙, 闫小培. 珠江三角洲城际间运输联系的特征分析. 人文地理, 2003, 18(1): 87~ 89
- [31] Okabe A, Suzuki A. Location optimization problems solved through Voronoi diagrams. *European Journal of Operational Research*, 1997, 98(3): 445~ 456
- [32] 王新生, 郭庆胜, 姜友华. 一种用于界定经济客体空间影响范围的方法——Voronoi图. 地理研究, 2000, 19(3): 312~ 315
- [33] 王新生, 李全, 郭庆胜, 等. Voronoi图的扩展、生成及其应用于界定城市空间影响范围. 华中师范大学学报(自然科学版), 2002, 36(1): 107~ 111.
- [34] 刘承良. 武汉都市圈经济联系空间分析. 湖北大学硕士学位论文. 2005
- [35] 陈修颖. 区域空间结构重组—理论与实证研究. 南京: 东南大学出版社, 2005

- [36] Richards A. Complexity in physical geography. *Geography*, 2002, 87(2): 99~ 107.
- [37] 周一星. 主要经济联系方向论. *城市规划*, 1998, (2): 22~ 25

The spatial structure of economic linkage of Wuhan metropolitan area

LIU Cheng-liang^{1,2}, YU Rui-lin³, XIONG Jian-ping^{1,2}, ZHU Jun-lin³, ZHANG Hong³

(1. Tourism Management Department of Business School, Hubei University, Wuhan 430062, China;

2 Academy of Tourism Development, Hubei University, Wuhan 430062, China;

3 Faculty of Resource and Environment, Hubei University, Wuhan 430062, China)

Abstract: The spatial structure of metropolitan area is the most integrated and most diverse part of urban system. It is composed by different ranks of spatial elements such as cities (nodes), spatial flows (functional linkages), channels (linkage axis) and action fields (the attraction range of each city) and so on. The spatial structure of metropolitan area is represented as the spatial combination relationship of three factors including point (city and urban system), line (economic linkage channels) and surface (urban hinterland). Based on the statistical data of Wuhan metropolitan area in recent years, using SPSS mathematical statistical technique and GIS spatial analysis function, we build an economic linkage intensity model and investigate the dynamic characteristics of the spatial competition and its range of Wuhan metropolitan area. It is found out that: (1) there are some main linkage directions in the external economic linkage of central cities, and its temporal inertia and spatial polarization are also very obvious; (2) the external economic linkage intensity of central cities is distance decay, which leads to a regional layered spatial structure. Then from the aspects of point, line and surface, we build and compute some useful indices which are the centralities of economic linkage node (central city), the network connectivity of economic linkage channels (transportation network) and the regional organization of economic linkage range (urban hinterland). With the aid of these indices, we can quantitatively analyze and point out the hierarchical characteristics of the economic linkage spatial structure of Wuhan metropolitan area. It is concluded that: (1) the centrality hierarchy of central city is quite different, their spatial distribution is uneven and has close relationship with transportation location; (2) the development and service function of linkage channel is hierarchical, and two inter-city transportation channels have been formed significantly; and (3) the influence range of economic linkage is closely related to external economic linkage intensity of central cities, and it is also greatly affected by its regional natural condition and administrative regionalization.

Key words: economic linkage; spatial structure; centrality; accessibility; Voronoi diagrams, hierarchy; the range of Wuhan metropolitan area