

基于可达性的中心地体系的空间分析

张 莉, 陆玉麒

(南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023)

摘要:以克里斯泰勒的中心地理论为基础,以最短通行时间、加权平均出行时间作为可达性的评价指标,以基于GIS平台开发的可达性计算模块为技术支撑,从空间可达性、空间相互作用、空间服务范围几个方面对均质背景和交通背景下的中心地体系进行空间分析,探讨中心地体系的空间演化及空间重构,以期对中心地体系的过程模拟和空间表达进行初步探索性的尝试。结果表明:均质背景下,次一级中心地产生于上一级中心地可达时间最长的地方;基于加权平均出行时间的可达性在同等级的中心地间出现了差异,相同等级的中心地越是靠近高等级中心地,其加权平均出行时间越短,由于中心地相对区位的不同,同一等级的中心地之间出现了差异增长,其结果会形成连续的中心地等级。伴随着交通网络的演进,中心地空间结构进入由“点-轴-网”构成的全面有组织的均衡发展阶段。

关键词:中心地体系;空间分析;可达性;GIS

中图分类号:K901.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2013)06-0649-10

1933年德国地理学家克里斯泰勒(Walter Christaller)在其博士论文基础上出版的《德国南部的中心地》一书中对该地区乡村聚落的市场中心和服务范围作了实验观察研究,并以抽象演绎方法得出三角形聚落分布和六边形市场区的区位标准化理论——中心地理论^[1]。其所提出的最终理想图案是迄今为止最为完美的区域空间结构理论,它因严谨的数学推导和完美的数学图形而被公认为经济地理学尤其是城市地理学的理论基石^[2,3]。中心地理论创立以来,其理论和实证研究影响到了城市地理学的各个领域,同时,区域经济学、城市规划等相关学科对其也十分关注,国内外的学者对其理论内涵和模型进行了进一步的修正和发展^[4]。20世纪50~70年代,中心地理论经历了在西方国家的大发展,一些学者对古典中心地理论进行改进^[5-13],以使中心地系统模型更加接近现实情况。然而,1990年以后,很多学者发现古典中心地理论致力于描述和分析的理论世界在现实中基本上是不可能存在的^[14-16]。20世纪80年代以来中心地理论在中国的研究得到了重视,一些学者开始了对中心地理论的理论 and 实践研究^[17-21],新方法和新技术也不断

得到应用^[22-24]。

克里斯泰勒从经济学角度出发进行了严格的理论假设和逻辑推理^[4],旨在寻找城镇空间结构的理论模式,探索决定城镇数量、规模和分布的一般规律^[25]。由于他的整个模型的推理过程是建立在实现市场均衡的基础上的,因此只能形成静态模型。虽然对于中心地理论的修正和实证研究并不少见,然而动态的演化研究还比较缺乏,主要侧重于中心地系统演变的影响因素分析^[4,26],陆玉麒^[27]从实践出发,采用区位值对中心地等级体系的演化进行了研究。

在均质平原和经济人的假设条件下,区域中城镇的产生、演化及空间结构的形成仅取决于区域中各点的可达性或区位值,而与区域其他条件无关^[28]。半个多世纪以前,克里斯泰勒提出六边形结构的设想时赋予交通因素以重要意义,他首次提出交通可达性的概念,并阐述了交通可达性对中心地发展的影响,认为以公里为单位的距离在经济上并不重要,只有时间成本距离即所谓的经济距离才是权衡利与弊的决定因素^[3]。交通系统始终是城镇规模与空间布局的重要影响因素

收稿日期:2012-09-27; **修订日期:**2013-01-01

基金项目:国家自然科学基金项目(41001074)、江苏省高校自然科学研究项目(10KJD170001)、江苏高校优势学科建设工程项目资助。

作者简介:张莉(1977-),女,河北正定人,博士,副教授,主要从事城市与区域空间结构研究。E-mail:zhangli1203@163.com

之一,每一次交通系统的演进、可达性的提高都对中心地体系产生了重大影响。鉴于此,本文以克里斯泰勒的中心地理论为基础,以最短通行时间、加权平均出行时间作为可达性的评价指标,以基于GIS平台开发的可达性计算模块为技术支撑对均质背景和交通背景下的中心地体系进行空间分析,探讨中心地体系的空间演化及空间重构。

1 基于可达性的中心地体系空间分析方法

1.1 研究思路

可达性是一个空间概念,它反映了空间实体之间克服距离障碍进行交流的难易程度,与区位、空间相互作用和空间尺度等概念紧密相关。在空间意义上,可达性表达了空间实体之间的疏密关系;在区域范围内,可达性反映了某一城市或区域与其它城市或区域之间发生相互作用的难易程度。时间是交通旅行中最基本的阻抗因素,交通成本在很大程度上依赖于通行时间的花费,因此通常用时间单位来衡量可达性^[29]。本文以克里斯泰勒的中心地理论为基础,以最短通行时间、加权平均出行时间作为可达性的评价指标,拟从空间可达性、空间相互作用、空间服务范围几个方面对中心地体系进行空间分析。

1.2 可达性的评价模型

1.2.1 基于交通路网的最短通行时间评价模型

$$A_j = \min(T_{ij}) \quad (1)$$

式中: i 为区域 R 中的目标节点($i=1, \dots, n$); j 为区域 R 中的任一点($j=1, \dots, m$), T_{ij} 即为区域中的节点 i 通过交通网络中通行时间最短的路线到达 j 的通行时间; A_j 为区域中任一点 j 的可达性;区域中的任一点 j 都会选择一个到达其时间最短的目标节点 i ,选择该目标节点 i 的所有点的集合即为节点 i 的空间服务范围。

1.2.2 基于交通路网的加权平均出行时间模型

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^n (T_{ij} \times M_i)}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (2)$$

式中: i 为区域 R 中的目标节点($i=1, \dots, n$); j 为区域 R 中的任一点($j=1, \dots, m$); M_i 为节点 i ($i=1, \dots, n$)的分值,即节点 i 的质量,可采用地区生产总值、人口总量或社会商品销售总额等指标,本文采用指标标准化后转换为0~100间的值; T_{ij} 为区域中的

节点 i 通过交通网络中通行时间最短的路线到达 j 的通行时间; A_j 为区域 R 中任一点 j 的可达性。

1.2.3 区域的平均可达性

区域 R 中任意封闭区域 P 的平均可达性(A)为:

$$A = \frac{\sum_{j=1}^d A_j}{d} \quad (3)$$

式中, A_j 为区域 R 中任一点 j 的可达性, d 为封闭区域 P 中点的个数。

1.3 可达性计算模块的开发

设计最小种子算法用以计算区域内任意一点到达任意一个节点所花费的最短通行时间和所经过的路径,采用GIS控件MapX与面向对象可视化编程语言Delphi开发可达性计算模块,进行最短通行时间和加权平均出行时间的计算,可以生成时间可达性的数据文件、扩散图像、等值线、空间服务范围,也可以对可达时间进行统计,生成直方图和累加图^[30,31]。

1.4 中心地的中心性分值

重力模型为分析城市的复杂增长机制提供了有用的工具,它显示靠近高等级地区的城市比相同水平的其他城市增长得更快,这也符合区域经济的增长极理论^[32]。

$$P_{mi} = (1 - T_i \div \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}) \times M_m + M_m \quad (4)$$

式中, i 为 m 级别的中心地; T_i 为 i 中心地的加权平均出行时间; M_m 为 m 级中心地的中心性分值; P_{mi} 为 m 级中心地 i 的中心性分值。

2 均质背景下中心地体系的空间演化

2.1 中心地体系空间结构

中心地理论依据市场原则($K=3$)、交通原则($K=4$)、行政原则($K=7$),分别构建了相应的中心地等级体系,其中基于市场原则而构建的中心地体系最为基础^[33],而且中心地体系的演绎过程也是在市场原则下进行的。在市场原则下,高级中心地位于它的市场区中央,有6个低一级的中心地分布在市场区的角上;这低一级的中心地有它自己的较小的市场区,其角上又有6个更低一级的中心地分布,以此类推,直到最低一级的中心地和市场区(图1)。

2.2 基于可达性的中心地体系演化过程模拟

克里斯泰勒在描述中心地的等级过程中,交通可达性是一个非常重要的因素,在均质平原和

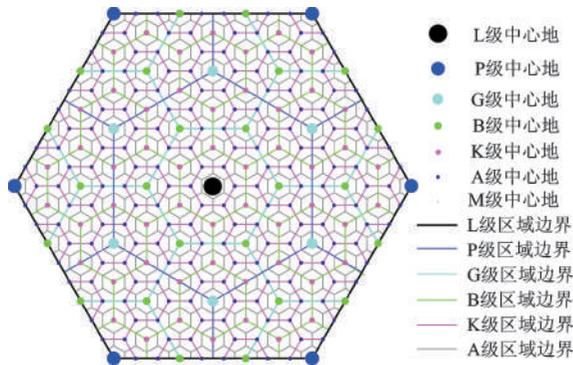


图1 市场原则下中心地体系的空间结构

Fig.1 Spatial structure of central place system with market principle

经济人的假设条件下,交通在任何方向上都是一致的,交通可达性最好的地方位于市场区的中央,即正六边形的中心,在此产生了一级中心地,以一级中心地为节点向外扩散,可达性逐渐变差,到达一级中心地所花费的时间越来越长,在正六边形的6个顶点上到达一级中心地的时间最大,由于消费者都选择就近购买,因此在时间可达性最差的正六边形的6个顶点上产生了二级中心地,以此类推,直至最低一级中心地的产生。

为了模拟这一过程,本文依据克里斯泰勒的L级中心地的区域范围构建了一个半径为108 km的正六边形区域,并为其设定了10 km/h的均质路网,以到达中心地的最短通行时间为可达性的评价指标,生成了不同阶段中心地的最短通行时间

可达性扩散图(图2)。以此为基础,不同阶段六边形区域中的任何一点都会选择一个距离其时间最短的中心地作为目标点,把选择该目标中心地的所有点的集合即为该中心地基于时间可达性的服务范围(图3)。

克里斯泰勒在其理论构想中将经济地理单元区分为不同层次,每个经济地理单元的中心地均承担着向外围区域提供商品和各种服务的职能。中心地有大小之分,中心地等级越高,它提供的中心职能越多,人口也越多;反之中心地等级越低,提供的中心职能越少,人口也越少。高级中心地不仅有低级中心地所具有的职能,而且具有低级中心地所没有的较高级的职能。克里斯泰勒实地调查了德国南部不同等级中心地的数量、服务范围、提供的货物种类和中心地人口^[9]。以中心地标准人口为中心地中心性的衡量指标,将不同阶段的中心地标准人口进行最大值标准化,得到不同阶段不同等级中心地中心性的分值(表1),以此为各级中心地的质量,生成了不同阶段中心地的加权平均出行时间可达性扩散图(图4)。

2.3 中心地体系空间分析

2.3.1 基于最短通行时间的中心地的空间可达性

均质背景下,交通在任何方向上都是一致的,可达性由中心地向外呈现同心圆状扩散,距离中心地越远,通行时间越长,可达性越差,在到达中心地时间最长的正六边形的6个顶点上产生了次

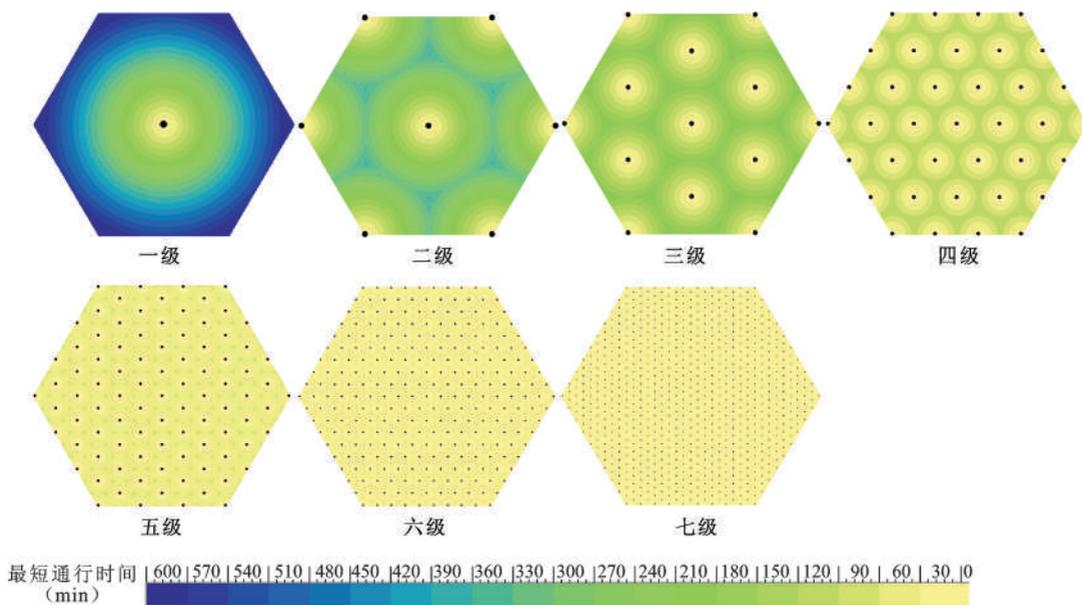


图2 不同阶段到达中心地的最短通行时间可达性扩散图

Fig.2 Diffusion of accessibility based on the shortest travel time to central place in various stages

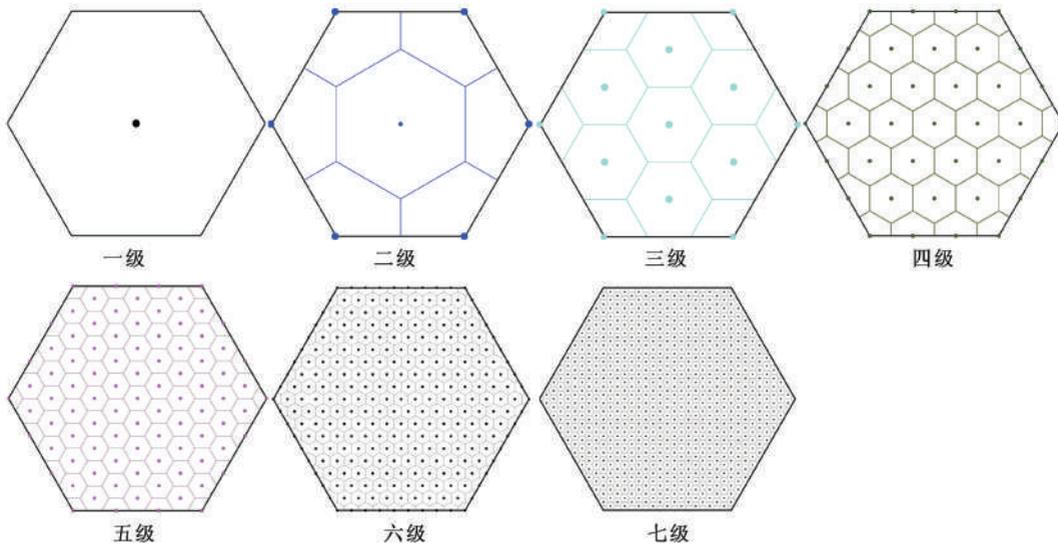


图3 不同阶段中心地的服务范围

Fig.3 Attractive scope of central place in various stages

表1 各阶段中心地标准人口及中心性分值

Table 1 Standard population and centrality score of the central place in various stages

等级	中心地标准人口(人)	中心地中心性分值(0-100)
M(村集 $m=1$)	1000	$M=100$
A(镇区中心 $m=2$)	2000	$M=50, A=100$
K(县域 $m=3$)	4000	$M=25, A=50, K=100$
B(地区中心 $m=4$)	10000	$M=10, A=20, K=40, B=100$
G(小州首府 $m=5$)	30000	$M=3, A=7, K=13, B=33, G=100$
P(省会 $m=6$)	100000	$M=1, A=2, K=4, B=10, G=30, P=100$
L(区域首府 $m=7$)	500000	$M=0.2, A=0.4, K=0.8, B=2, G=6, P=20, L=100$

一级的中心地,在到达次一级中心地时间最长的正六边形的6个顶点上又产生更次一级中心地,以此类推,直至最低一级中心地的产生。随着中心地等级和数量的增加,区域中的点到达中心地的最大时间和平均时间都在缩短,可达性不断提高(表2,图2)。由于低等级中心地的数量多于高等级中心地,因此到达低等级中心地的时间比到达高等级中心地的时间短。

2.3.2 基于最短通行时间的中心地的空间服务范围

区域中的任何一点都会选择一个到达其时间

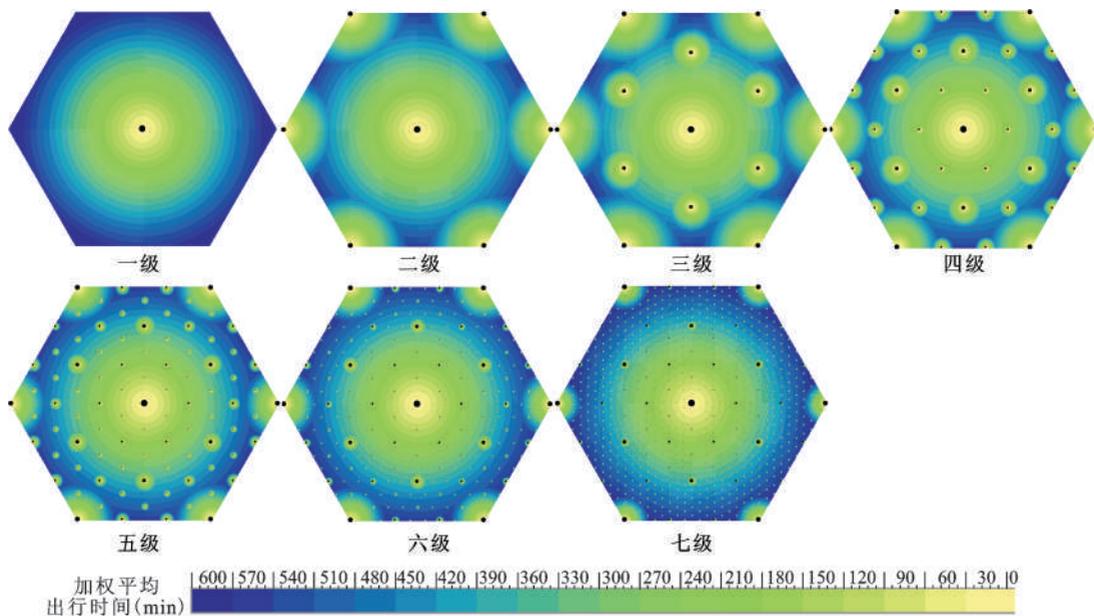


图4 不同阶段中心地的加权平均出行时间可达性扩散

Fig.4 Diffusion of accessibility based on weighted average travel time in various stages

表2 不同阶段到达中心地的最短通行时间

Table 2 The shortest travel time to central place in various stages

中心地级别	一级	二级	三级	四级	五级	六级	七级
最大时间(h)	10.90	6.22	3.65	2.08	1.25	0.68	0.48
平均时间(h)	6.55	3.78	2.18	1.25	0.72	0.42	0.23

最缺的中心地作为目标点,选择该目标中心地的所有点的集合即为该中心地的基于时间可达性的服务范围^[34](图3)。不同等级的中心地有不同的职能和空间服务范围,高等级的中心地具有低等级中心地的职能,除了拥有自己的服务范围以外还拥有低等级中心地的服务范围,低等级中心地的服务范围被高等级中心地的服务范围所覆盖,组成一种层层嵌套的六边形空间组织结构。这种以中心地及其服务范围构成的空间结构反映了中心地在空间上的等级组织,与中心地的区位和等级相关,而与各级中心地具体的等级水平(规模)无关。

2.3.3 基于加权平均出行时间的中心地空间相互作用

中心地的等级性除了体现在中心地在空间上的等级组织,还表现在各级中心地不同的等级水平,以中心地标准人口为权重得到的不同阶段中心地的加权平均出行时间不仅由中心地的空间区

位决定,还与中心地的规模紧密相关,反映了区域中的任一点与各级中心地联系的紧密程度和空间相互作用的强度。距离高级别中心地越近,可达性越好,随着中心地数量和级别的增加,可达性越来越呈现出以一级中心地为中心向外逐渐扩散的趋势,然而各级中心地的平均可达性差距不大,以整个区域作为统计单元得到了不同阶段到达中心地的最大时间和平均时间(表3、图4),最大时间在9.5 h至11 h之间,平均时间在5 h至6.5 h之间。

从图4中可知,在前3个阶段,同等级的一级、二级、三级中心地的加权平均出行时间完全相同,但至第四阶段时出现的新一级的中心地,其加权平均出行时间开始出现差异,其后差异类型越来越多^[27,32]。由于中心地在正六边形区域内的均质分布,选取正六边形的1/12作为研究对象即可代表整个六边形区域中所有中心地的可达性情况(图5)。以不同阶段中心地的服务范围为统计单

表3 不同阶段整个区域到达中心地的加权平均出行时间

Table 3 The weighted average travel time to central place in various stages

中心地级别	一级	二级	三级	四级	五级	六级	七级
最大时间(h)	10.91	9.50	9.50	9.52	9.67	9.78	10.07
平均时间(h)	6.55	5.42	5.05	5.31	5.68	5.92	6.18

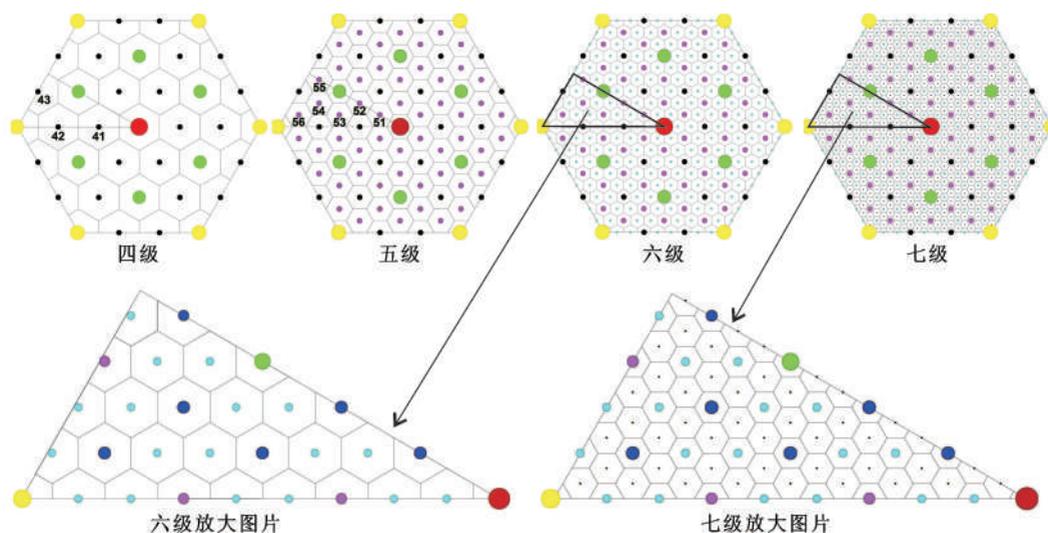


图5 不同阶段的中心地

Fig.5 The central place in various stages

元,对不同阶段各级中心地的加权平均出行时间进行统计(表4)。第四阶段出现的新一级中心地的加权平均出行时间出现了3种差异,第五、第六和第七阶段出现的新一级中心地的加权平均出行时间分别出现了6种、18种和42种差异,而且均表现出了距离一级中心地越远,加权平均出行时间越大的趋势,然而在第五阶段的56号,第六阶段的612、615、617、618号,第七阶段的737、741、742号中心地出现了加权平均出行时间变短的现象,主要由于他们受到了邻近其他高级别中心地特别是二级中心地的影响。由此可见,靠近高等级的中心地,比远离高等级中心地的相同级别中心地的加权平均出行时间要短。

在均质背景下,距离摩擦因素对人口和货物的流动将产生很大的影响,可达性越好的中心地,其吸引人口的能力也越强,良好的可达性会导致中心地重要性增强,根据公式(4)对不同级别中心地的中心性进行了计算(表4)。结果表明,同一级

别中心地的中心性出现了差异,而这种差异的产生主要是由于中心地的相对区位不同,相同等级的中心地,靠近高等级中心地的增长较快,原来属于相同等级的中心地随着中心地等级和数量的增加,其可达性和中心性的差异越来越大,其结果会形成连续的中心地等级^[35]。相同等级的中心地虽然职能相同,但是规模结构并不完全相同,同一等级的城市之间出现了差异增长,这就导致不同规模的同等级别的中心地的市场范围不再相同,使得 $K=3$ 的正六边形结构发生变形。因此,均质背景下中心地在空间分布上是均质的,而由于中心地相对区位的不同,其空间相互作用并不是均质的。

3 交通网络对中心地体系空间结构影响

3.1 交通网络的演变

随着各级中心地的出现,中心地之间也必然存在交通联系,由市场原则形成的中心地等级体

表4 不同阶段中心地的加权平均出行时间(h)和中心地中心性分值

Table 4 The weighted average travel time (h) of central place in various stages and their centrality score

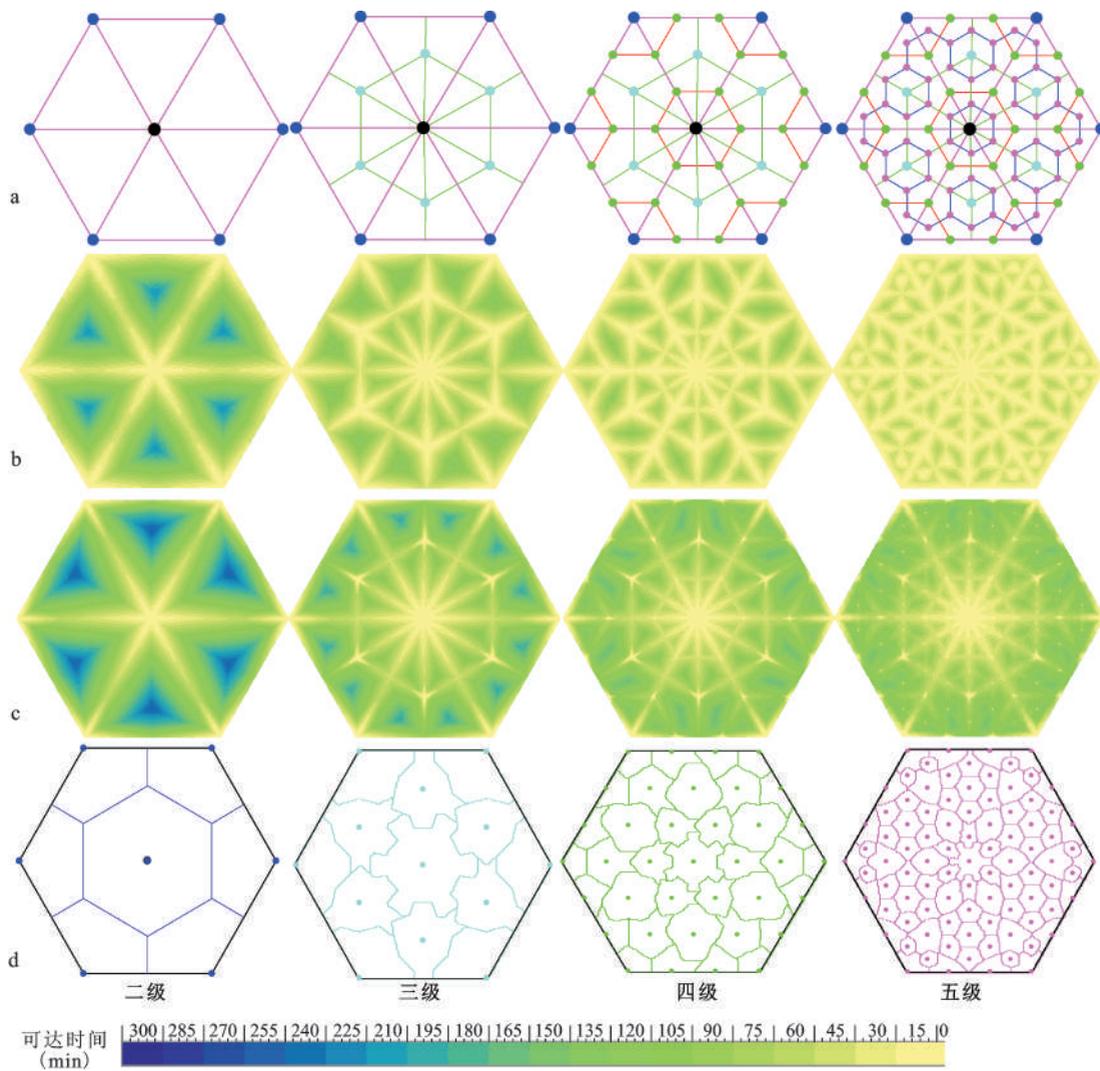
中心地编号	可达时间	中心性分值	中心地编号	可达时间	中心性分值	中心地编号	可达时间	中心性分值
41	3.67	13.62	615	4.05	1.31	720	6.56	0.18
42	6.34	9.01	616	9.07	0.45	721	6.77	0.18
43	7.29	7.36	617	7.97	0.64	722	6.87	0.17
51	2.13	4.86	618	4.11	1.30	723	6.97	0.17
52	4.18	3.75	71	0.75	0.38	724	7.16	0.16
53	5.44	3.06	72	1.42	0.35	725	7.26	0.16
54	7.31	2.06	73	1.86	0.34	726	7.53	0.15
55	8.08	1.65	74	2.52	0.32	727	7.62	0.15
56	6.28	2.62	75	2.8	0.31	728	7.7	0.15
61	1.26	1.78	76	3.04	0.30	729	7.88	0.14
62	2.44	1.58	77	3.49	0.28	730	8.04	0.13
63	3.21	1.45	78	3.68	0.28	731	8.29	0.13
64	4.36	1.26	79	3.87	0.27	732	8.38	0.12
65	4.83	1.18	710	4.22	0.26	733	8.42	0.12
66	5.26	1.10	711	4.56	0.25	734	8.53	0.12
67	6.01	0.97	712	4.85	0.24	735	8.69	0.11
68	6.36	0.91	713	5	0.23	736	8.84	0.11
69	6.69	0.86	714	5.4	0.22	737	6.86	0.17
610	7.29	0.75	715	5.52	0.22	738	8.92	0.11
611	7.86	0.66	716	5.66	0.21	739	8.99	0.10
612	7.56	0.71	717	5.89	0.21	740	9.13	0.10
613	8.38	0.57	718	6.01	0.20	741	8.83	0.11
614	8.61	0.53	719	6.13	0.20	742	3.53	0.28

系的交通系统,是以高等级中心地为中心,有6条放射状的主干道连接次一级的中心地,又有6条也呈放射状的次干道联结再次一等级的中心地,同级相邻的中心地之间,有一相应级别的交通线路^[2,36]。本文选择了二级至五级中心地演变过程中出现的不同级别的交通线(图6a),并为不同级别的交通线设置了不同的速度,由二级至五级出现的交通线的速度依次为80 km/h, 60 km/h, 40 km/h, 20 km/h, 并为没有交通线经过的区域设置默认速度10 km/h。

3.2 基于交通网络的中心地体系的空间分析

以二级至五级中心地中出现的交通网络为基础,运用可达性计算模块生成了基于交通网络的各级中心地的最短通行时间和加权平均出行时间

可达性扩散图以及中心地空间服务范围图(图6b、c、d)。随着交通线的出现以及交通网络的不断演进,强化了中心地与补充区域的功能联系,各级中心地的可达性都在大幅度提高,并呈现出沿交通线向外逐渐扩散,距离交通线越远,可达性越差。由于连接高等级中心地的交通线的级别和速度也较高,因此在基于加权平均出行时间的可达性扩散图中表现出了沿高级别交通线向外扩散的趋势。基于最短通行时间生成的中心地的空间服务范围中,由于二级中心地和交通线在六边形中的均匀分布,因此空间服务范围依旧呈正六边形,而其余等级中心地依据交通路网呈现出了不规则的形状。



(a)交通网络的演变 (b)最短通行时间可达性扩散图 (c)加权平均出行时间可达性扩散图 (d)中心地的服务范围

图6 基于交通网络的中心地体系的空间分析

Fig.6 Spatial analysis of the central place system based on traffic network

交通沿线地区可达性的大幅度提高带来了成本的下降和便捷程度的提高,会形成一个带状的优势区域,这种优势区域会吸引资本和各种生产要素在带状空间集聚,形成以交通轴线为核心的交通经济带^[4]。

3.3 中心地体系与点轴系统

均质背景下,中心地体系中只存在作为节点的中心地,伴随着连接中心地的交通线的出现,点-轴系统开始形成。随着中心地级别和数量的增加,连接各级中心地的不同级别的交通线不断涌现,不同等级的点-轴系统逐步形成。中心地对区域的影响不再呈同心圆状向外扩散,而是沿交通线呈点-轴渐进式扩散。克里斯泰勒在均值背景下推导了中心地等级体系的形成,区域由均衡走向不均衡,随着交通线的出现,中心地沿交通线进行扩散,要素在中心地和交通线集聚,区域发展进入动态增长时期,而伴随着大量不同等级中心地和交通线的出现,区域开始进入由“点-轴-网”构成的全面有组织的均衡发展阶段^[7](图6),高度的网络化将是未来中心地体系最主要的组织形式^[4]。

4 结论与讨论

4.1 结论

1) 均质背景下,次一级中心地产生于到达上一级中心地可达时间最长的地方。在均质平原和经济人的假设条件下,交通在任何方向上都是一致的,中心地首先出现在可达性最好的正六边形市场区的中央,并由此向外呈现同心圆状扩散,到达中心地的时间逐渐变长,在可达时间最长的正六边形的6个顶点上产生了次一级中心地。以此类推,直至最低一级中心地的产生。

2) 均质背景下,由于中心地相对区位的不同产生了连续的中心地等级。基于加权平均出行时间的可达性在同等级的中心地间出现了差异,相同等级的中心地,越是靠近高等级中心地,其加权平均出行时间越短。由于中心地相对区位不同,靠近高等级的中心地增长较快,原来属于相同等级的中心地随着中心地等级和数量的增加,其可达性和中心性的差异越来越大,其结果会形成连续的中心地等级。

3) 伴随着交通网络的演进,中心地空间结构进入由“点-轴-网”构成的发展阶段。随着连接各级中心地交通线的出现,各级中心地的可达性都

大幅度提高,并呈现出沿交通线的“点-轴”渐进式扩散,点轴系统开始形成。随着中心地级别和数量的增加,连接各级中心地的不同级别的交通线不断出现,不同等级的点轴系统逐步形成,中心地空间结构进入由“点-轴-网”构成的全面有组织的均衡发展阶段。

4.2 讨论

本文希望通过GIS的空间分析方法对中心地体系的过程模拟和空间表达进行初步探索性的尝试,然而对于中心地理论还有许多问题有待进一步深入研究。

1) 中心地相对区位的不同对中心地空间分布的影响。在K值不变的前提下,基于加权平均出行时间的可达性在同等级的中心地间出现了差异,这种空间相互作用会使正六边形的中心地结构发生变形,那么是否会影响中心地的空间分布,K值是否会发生变化都是有待进一步研究的问题。

2) 中心地等级体系空间演化的机理。中心地理论是一个研究静态均衡结构的理论,本文从可达性的角度模拟了各级中心地产生的过程,然而在中心地演化的过程中各级中心地之间是相互影响、相互作用的,深入剖析中心地等级体系空间演化的动力机制和发生机理将使中心地理论既能解决静态结构问题,又能解决动态变化和演替问题。

3) 中心地理论与各类区域空间结构模式间的逻辑关系。中心地理论是公认的人文地理学的理论基石,那么其他类型的区域空间结构理论与中心地理论是一种怎样的关系呢?不同的区域背景下产生了不同的区域空间结构模式,廓清各类区域空间结构模式的内在逻辑,理清其与中心地理论的关系将是进一步有待深入研究的问题。

参考文献:

- [1] 杨吾扬. 区位论原理——产业、城市和区域的区位经济分析[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1989.
- [2] 杨吾扬, 梁进社. 高等经济地理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1997.
- [3] 沃尔特·克里斯塔勒. 德国南部中心地原理[M]. 常正文, 王兴中译. 北京: 商务印书馆, 2010.
- [4] 冯章献. 东北地区中心地结构与扩散域研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2010.
- [5] Brush, J E. The hierarchy of central places in Southwestern Wisconsin[J]. *Geographical Review*, 1953, 43(3): 380-402.
- [6] Johnston, R. J. Central places and the settlement pattern[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1966, 56(3):

- 541-549.
- [7] Davies W K D. Centrality and the Central Place Hierarchy[J]. *Urban Studies*, 1967, **4**(1):61-79.
- [8] Janelle D G. Central place development in a time-space framework[J]. *The Professional Geographer*, 1968, **20**(1):5-10.
- [9] Berry B J L, Barnum H G, Tennant R J. Retail location and consumer behavior[J]. *Papers in Regional Science*, 1962, **9**(1):65-106.
- [10] Dacey M F. A Probability model for central place locations[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1966, **56**(3):550-568.
- [11] Parr J B. Growth poles, regional development and central place theory[J]. *Papers in Regional Science*, 1973, **31**(1):173-212.
- [12] Parr J B. Models of the central place system: A more general approach[J]. *Urban Studies*, 1978, **15**(1):35-49.
- [13] Eaton B C, Lipsey R G. An Economic theory of central places[J]. *The Economic Journal*, 1982, **92**(365):56-72.
- [14] Wang F. Modeling a central place system with interurban transport costs and complex rural hinterlands[J]. *Regional Science and Urban Economics*, 1999, **29**(3):381-409.
- [15] Derudder B, Witlox F. Assessing central places in a global age: in the networked localization strategies of advanced producer services[J]. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 2004, **11**(3):171-180.
- [16] Raagmaa G, Kroon K. The Future of collective farms' built social infrastructure: choosing between central place and network theories[J]. *Geografiska Annaler: Geografiska Series B, Human Geography*, 2005, **87**(3):205-224.
- [17] 牛亚菲. 中心地模式的实验研究——江苏省赣榆县和灌云县城镇网的优化设计[J]. *地理学报*, 1989, **44**(2):167-173.
- [18] 陆玉麒. 明清时期太湖流域的中心地结构[J]. *地理学报*, 2005, **60**(4):587-596.
- [19] 李恕宏. 安徽省中心地结构与城镇体系建设初探[J]. *安徽师范大学学报(自然科学版)*, 2002, **25**(2):194-198.
- [20] 樊杰, 许豫东, W. Taubmann. 基于中心地理论对银川市服务功能的解析[J]. *地理学报*, 2005, **60**(2):248-256.
- [21] 史雅娟, 朱永彬, 冯德显, 等. 中原城市群多中心网络式空间发展模式研究[J]. *地理科学*, 2012, **32**(12):1430-1438.
- [22] 张凡, 吴晓军, 薛惠锋. CAS理论在中心地理论研究中的应用[J]. *微计算机应用*, 2005, **26**(3):133-138.
- [23] 王心源, 范湘涛, 邵芸, 等. 基于雷达卫星图像的黄淮海平原城镇体系空间结构研究[J]. *地理科学*, 2001, **21**(1):57-63.
- [24] 陈彦光. 中心地体系空间结构的标度定律与分形模型[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 2004, **40**(4):626-634.
- [25] 周一星. *城市地理学*[M]. 北京:商务印书馆, 1995.
- [26] 黄志宏. 城市中心地的功能结构特点与影响因素演变[J]. *城市问题*, 2009, (7):28-32.
- [27] 陆玉麒, 袁林旺, 钟业喜. 中心地等级体系的演化模型[J]. *中国科学:地球科学*, 2011, **41**(8):1160-1171.
- [28] 陆玉麒, 俞勇军. 区域双核结构模式的数学推导[J]. *地理学报*, 2003, **58**(3):406-414.
- [29] 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.
- [30] 赵元正, 陆玉麒, 张莉. 时间可达性计算的最小种子算法[J]. *计算机工程与设计*, 2006, **27**(22):4171-4174.
- [31] 张莉, 陆玉麒. 基于陆路交通网的区域可达性评价——以长江三角洲为例[J]. *地理学报*, 2006, **61**(12):1235-1246.
- [32] Christaller W. *Die Zentralen Orte in Sueddeutschland*[M]. Jena: Gustav Fischer, 1933.
- [33] 张莉, 陆玉麒, 赵元正. 基于时间可达性的城市吸引范围的划分——以长江三角洲为例[J]. *地理研究*, 2009, **28**(3):803-816.
- [34] 钟业喜. 基于可达性的江苏省城市空间格局演变定量研究[D]. 南京:南京师范大学, 2011.
- [35] Ahn J K, Nourse H O (张弘芬, 等译). 城市等级体系空间经济相互依存模型[J]. *地理译报*, 1992, (4):35-40.
- [36] 梁进社. 中心地体系的替代性与点轴系统[J]. *地理学报*, 1998, **53**(增刊):204-211.
- [37] 陆大道. 论区域的最佳结构与最佳发展——提出“点-轴系统”和“T”型结构以来的回顾与再分析[J]. *地理学报*, 2001, **56**(2):127-135.

Spatial Analysis of the Central Place System Based on Accessibility

ZHANG Li, LU Yu-qi

(College of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210023, China)

Abstract: Based on the central place theory proposed by Walter Christaller, taking the shortest time and weighted average travel time as the accessibility evaluation index, using the accessibility calculation module as technical support based on the GIS platform, the spatial evolution and reconstruction of the central place system are explored from the aspects of spatial accessibility, spatial interactions, spatial scope of services under homogeneous background and transportation background. Through this way, formation process simulation and spatial expression of central place system are probed preliminary. The result shows that: Firstly, the secondary central place appears in the area which accessibility time is longest to the superior center under homogeneous background. Under the assumption of homogeneous plain, traffic in any direction are the same. The central place appears in the center of the hexagonal market area which accessibility is best and then present the concentric circles diffusion. With this diffusion, the time to the central place get longer. The secondary central places appear in the six vertices of hexagon whose accessibility time is the longest. And so on, the low level central place continue to appear until the production of the central place with the lowest level. Secondly, the accessibility based on weighted average travel time in the same level central place is not same. For same level central places, the closer to the high grade center place, the weighted average travel time is shorter. The same grade central place emerge the differences in growth. The closer to the high grade central place, the growth faster. With the increase of the grade and the quantity of central place, the difference of accessibility and centrality become more and more. As a result, continuous grade central places are formed. With the emergence of transit lines which connect central place, the accessibility of each grade central place is greatly raise. And the “Pole & Axis System” is formed gradually. Finally, the spatial structure of central place system gets into a comprehensive organizational equilibrium stage which is composed of point, axis and network along with the traffic network evolution.

Key words: central place system; spatial analysis; accessibility; Geographical Information System