

# 基于空间相互作用模型的县域城镇 体系结构定量化研究 ——以科尔沁左翼中旗为例

范 强<sup>1,2</sup>, 张何欣<sup>1</sup>, 李永化<sup>2</sup>, 王竞雪<sup>1</sup>

(1. 辽宁工程技术大学测绘与地理科学学院, 辽宁 阜新 123000; 2. 辽宁师范大学城市与环境学院, 辽宁 大连 116029)

**摘要:**以空间相互作用模型为基础, GIS为主要平台, 通过改进断裂点模型, 实现了对科左中旗城镇体系结构的分级以及经济区的划分。首先, 提出了以城镇中心性强度代替城镇人口规模并结合加权 Voronoi 图的模型改进方法。然后, 通过引入加权平均距离摩擦指数、成本加权距离等概念, 建立并完善了中心性强度计算的指标体系。利用所得的中心性强度值并结合当地实际, 将研究区的城镇体系结构划分为中心镇、二级中心镇以及一般镇3个级别。最后, 通过比较常规 Voronoi 图与改进 Voronoi 图两种空间划分方案, 最终确定以各城镇中心性强度的平方根为权重的改进 Voronoi 图的空间划分方案作为研究区城镇辐射范围的划分依据, 再通过逐步合并与搜索, 得到科左中旗的经济区划分方案, 即以中心镇为主的东、中、西三大经济区。

**关键词:**空间相互作用模型; 城镇体系结构; 城镇经济区; 加权 Voronoi 图

**中图分类号:** K928.5      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0690(2014)05-0601-07

城镇体系是指在一定地域内, 由不同等级、不同规模、不同职能而彼此相互联系、相互依存、相互制约的小城镇组成的有机系统<sup>[1]</sup>。不同城镇之间通过交通流、信息流等实现着物质循环、能量流动、人员往来与信息传递, 即城镇空间的相互作用。城镇之间的这种相互作用将地域上彼此分散的城镇组合成为具有一定空间结构的有机体系<sup>[2]</sup>, 而这种体系又影响着体系中城镇的功能、发展方向以及在体系中所起到的作用。因此, 结合空间相互作用模型, 定量化分析城镇体系中各城镇之间的相互作用与城镇的影响辐射范围, 对明确各城镇之间的相互联系与发展特征, 以及辅助城镇体系的合理规划有着重要的指导意义。但空间相互作用模型大多是理想情况下的, 难以直接应用于实际分析与研究, 需要进行改进。本文根据科左中旗当地实际, 对原有空间相互作用模型进行改进, 并在 GIS 环境下建立地理信息数据库, 综合分析空间数据、属性数据以及其他资料, 结合统计

学、经济地理学的相关知识, 定量化分析科左中旗人口、经济、地理、交通等发展因子对该地区发展的作用, 划分影响辐射范围<sup>[3]</sup>, 为科左中旗旗域城镇体系结构规划与经济功能区划的分析与研究提供了理论依据。

## 1 研究区概况

科尔沁左翼中旗位于内蒙古自治区东部, 隶属于通辽市。旗域面积约为 98.11 万  $\text{hm}^2$ ; 截止 2010 年, 全旗总人口约为 53.80 万人, 总体城镇化水平为 26.19%; 全旗地区生产总值达到 96 亿元, 三次产业的比重为 3:4:3。区域内共有通让铁路、平齐铁路以及通霍铁路过境, 并且有 G304、G303 和 G111 三条国道在该旗经过。

## 2 空间相互作用模型——断裂点模型

断裂点理论是城市与区域相互作用的理论。该理论认为城市的吸引范围是由城市的规模和相

**收稿日期:** 2013-05-19; **修订日期:** 2013-09-17

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(41101452)、教育部人文社科项目(09YJC790135)资助。

**作者简介:** 范 强(1979-), 男, 辽宁黑山人, 博士研究生, 讲师, 主要从事区域分析与规划、数字城市与地理信息系统应用研究。  
E-mail: lntufanqiang@126.com

邻城市间的距离决定的。相邻两城市吸引力达到的平衡点即为断裂点。该学说认为,一个城市对周围地区的吸引力,与它的规模成正比,与距它的距离的平方成反比<sup>[4,5]</sup>。2个城市影响区域断裂点的计算公式为:

$$d_A = \frac{D_{AB}}{1 + \sqrt{\frac{P_B}{P_A}}} \quad (1)$$

式中,  $d_A$  表示从断裂点到 A 地的距离;  $D_{AB}$  表示 A 与 B 之间的最短距离;  $P_A$  与  $P_B$  分别表示 A 与 B 的人口规模。由此公式可知,从断裂点到两城市的距离之比等于两城市的人口规模的平方根之比。

$$\frac{d_A}{d_B} = \sqrt{\frac{P_A}{P_B}} \quad (2)$$

### 3 Voronoi 图与加权 Voronoi 图

#### 3.1 Voronoi 图

设空间上有一离散点集  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ , 其中任意 2 点互不重叠, 且任意 4 点都不共圆,  $P$  中任意 2 点  $P_i$  和  $P_j$  之间的欧氏距离记作  $d(P_i, P_j)$ , 则任意点  $P_i$  对应的 Voronoi 多边形定义为:

$$V_i = \{x: d(x, P_i) < d(x, P_j) | P_i \neq P_j\} \quad (3)$$

由  $V_i (1 \leq i \leq n)$  构成的图形称为点集  $P$  的 Voronoi 图。由此定义, Voronoi 图拥有这样的基本属性, 即对于任意 Voronoi 图的多边形子区域  $R_i$ , 多边形内的任意点  $x$  到点  $P_i$  的距离小于其到其他任意中心点  $P_j (i \neq j)$  的距离<sup>[6-9]</sup>。这在区域划分上有着重要的应用。但在实际情况中, Voronoi 图的点元通常代表的通常是地物的基本属性, 而这些属性随着地区发展情况的差异而呈现出不同的值, 且有时差异比较大, 所以, 一般的 Voronoi 图难以满足实际应用的需要, 因此需要对该模型进行改进。

#### 3.2 加权 Voronoi 图

设  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$  为二维空间中某多边形  $V$  的一个点的集合,  $\lambda_i (i=1, 2, \dots, n)$  表示确定的  $n$  个正实数, 由  $n$  个点生成的 Voronoi 图将  $V$  划分为  $n$  个子区域:

$$V_n(p, \lambda_i) = \bigcap_{j=1}^n \left\{ P_i \mid \frac{d(P, P_i)}{\lambda_i} < \frac{d(x, P_j)}{\lambda_j} \right\} \quad (4)$$

其中  $i=1, 2, \dots, n$ 。由(4)可知, 当  $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n$  时, (3)式与(4)式等价, 由此可见, 常规 Voronoi 图是加权 Voronoi 图的一种特殊情况<sup>[10-12]</sup>。同样, 加权 Voronoi 图也适用于空间剖分。位于加权 Voronoi

图的某  $V_i$  曲边形中的每个点到该曲边形发生元的距离与该点到相邻曲边形发生元的距离之比小于两发生元的权重之比。加权 Voronoi 图适用于各发生元权重有明显差别情况下的空间剖分。这一特性表明, 可以利用权重来表示区域间属性的差异。

### 4 模型的改进

断裂点模型虽然能定量的反映出两地区之间相互作用与影响的关系, 但也存在着很大的局限性。首先, 由该模型的计算公式可以见, 该模型用区域的人口规模来替代城市的规模和影响力, 而城市的规模应由城市的中心性强度进行评定, 因为中心性概念的核心要点是区分城市的绝对重要性与相对重要性<sup>[13]</sup>; 其次, 断裂点模型只能计算出相邻两区域的一个断裂点, 而两区域吸引力的界限应该是一条线; 第三, 当一个区域中待计算的城市或区域较多时, 计算较为复杂, 难以得到满意的结果<sup>[5,14,15]</sup>。据此, 本文对断裂点模型的应用进行进一步的改进: ① 采用城镇中心性强度来进行断裂点的测评; ② 改变经典理论中计算一个不动的断裂点为寻找一条断裂点的轨迹, 即对区域空间进行划分。为此, 本文采用加权 Voronoi 图来进行研究。其基本原理是根据离散分布的已知数据点对研究区域进行划分, 使得划分得到的多边形覆盖整个研究区域, 形成一个 Voronoi 图, 且每个多边形中只包含一个已知的数据点<sup>[16]</sup>。常规的 Voronoi 图没有考虑发生元的差别, 适用于两区域的实力相差不多的情况, 所以不太实用; 而加权 Voronoi 图实现了在各发生元差别明显情况下的空间划分。根据推算, 以各城镇中心性强度值平方根, 即  $\sqrt{P_i}$  为权重生成的加权 Voronoi 图能够较为直观地描述空间影响区的范围, 且在加权 Voronoi 图所划分出的每个区域内的所有点受该区域中心点的影响最大<sup>[17]</sup>。

### 5 科左中旗实例分析

#### 5.1 科左中旗城镇规模分析

城镇规模是指城市的人口数量, 有时也以城市用地面积作为补充<sup>[17]</sup>。一般而言, 影响城镇规模的因素可归纳为区域、经济、社会、生态等几方面<sup>[18,19]</sup>, 上述因子可以作为人口与土地面积的补充, 共同来衡量城镇的综合规模。因此, 本文选取 2010 年镇域总人口(人)、镇区面积(km<sup>2</sup>)、旗规模以上企业数量以及 2010 年各乡镇(苏木)财政收入(万元)等因子作

为评价指标体系(表1),计算城镇的中心性强度<sup>[20]</sup>。采用极差标准化处理各项数据,消除量纲,统一标准,再按均权假设来计算城镇的综合规模值(表1)。

表1 科尔沁左翼中旗城镇评价指标体系		
Table 1 Indicator to assess comprehensive strength of towns in Horqin Left Middle Banner		
所属方面	指标类别	指标
规模	城镇规模评价因素	镇域总人口(人)
		镇区面积(km <sup>2</sup> )
		非农业人口数(人)
		财政收入(万元)
	城镇化评价因素	镇区面积(hm <sup>2</sup> )
		镇区户籍人口(人)
经济	产业结构评价因素	旗规模以上企业数量
		非农业产业收入(万元)
	经济评价因素	农村人均经济总收入(元)
		人均财政收入(元)
	资金保障评价因素	固定资产投资(万元)
		居民储蓄存款余额(万元)
生态与环保	生态环境评价因素	森林覆盖率(%)
		城镇饮用水达标率(%)
		城镇垃圾无害化处理率(%)
		城镇污水综合处理率(%)
		农作物秸秆综合利用率(%)

由上述指标体系,现定义城镇中心性强度计算公式如下:

$$Q_i = \sum_{k=1}^m \left( \frac{P_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G_i} \right) \times \left( \sum_{j=1}^n \frac{1}{D_{i \rightarrow j}} \right) \quad (5)$$

式中, $Q_i$ 表示*i*城镇的区域中心性强度; $P_i$ 表示*i*城镇的评价因素; $D_{i \rightarrow j}$ 表示*i*城镇到*j*城镇的空间距离; $i, j (i=1, 2, 3, \cdots, n; j=1, 2, 3, \cdots, n)$ 表示城镇的数目; $k (k=1, 2, 3, \cdots, m)$ 表示评价因素的数目。

5.2 中心性强度的计算

由断裂点模型的理论公式可以看出,正确确定出两个城镇之间的距离 $D_{ij}$ 以及量测距离摩擦作用指数*b*是应用此模型的关键。而城镇之间的引力扩散是沿不同的轴线,即联接点的现状基础设施束,包括交通干线、高压输电线、通讯设施线路、供水线

路等工程性线路等扩散的<sup>[14]</sup>。这种扩散会由于河流、山脉、行政边界等障碍快速衰减,甚至阻断<sup>[2]</sup>。经过实地调查与测算分析,本文认为对科左中旗引力扩散影响最大的为各等级的公路网。科左中旗的公路网由国道、省道、县道以及村内大车路等构成,等级复杂,网络密度较高,发育程度较为均匀。由于各等级道路的路况、通行能力、运载性质、安全性等因素存在较大差异,量测距离摩擦作用指数*b*将会有较大的波动,且引力的扩散也会选择阻力最小的方向进行扩散,为准确确定出两城镇间的合理距离与量测距离摩擦作用指数,对该模型进行如下改进:① 采用成本加权距离来代替原有的两地之间的直线距离<sup>[21]</sup>。② 采用沿途各等级道路量测距离摩擦作用指数按各路段距离加权平均,得出两地的平均量测距离摩擦作用指数,即

$$\bar{b} = \frac{\sum_{i=1}^n b_i d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} \quad (6)$$

式中, $b_i$ 与 $d_i$ 分别表示某段公路对应的摩擦作用指数与长度, $n$ 为公路的段数。

经验研究显示,*b*值可以在0.5~3.0的幅度内变化<sup>[2]</sup>。不同道路的运载与通行能力存在着明显的差异。基于科左中旗的道路系统,根据研究区的实际调研数据并采用AHP与特尔非法相结合的方法,确定量测距离摩擦作用指数*b*(表2)。在ArcGIS中对科左中旗的道路网进行重分类,将科左中旗的道路网划分为4个等级,根据实地行驶调查采样,并结合当地交管部门提供的有效信息,分别对4个等级的道路进行赋值。并进行重分类生成道路网图,以此作为成本图层的依据(图1)。

表2 科尔沁左翼中旗城镇距离摩擦作用指数	
Table 2 The distance friction index of towns in Horqin Left Middle Banner	
公路等级	距离摩擦作用指数 <i>b</i>
国道	1
省道	1.5
县道	2
大车路	2.5

以图1的数据为基础,生成成本图层并以科左中旗15个乡镇为起终点,依次计算各乡镇的cost distance图层。图中用颜色深浅代表到达目的地的





图1 科尔沁左翼中旗交通系统分级  
Fig. 1 The hierarchical map of traffic system in  
Horqin Left Middle Banner

成本由小到大(即颜色浅,成本小;颜色深,成本大)。此时,即可根据成本加权得到科左中旗的交通体系图。最后根据道路分级图,以及公式(6)计算出科左中旗各乡镇之间的摩擦指数与成本加权距离(表3)。

根据现有的统计数据,带入计算公式(5),得到科左中旗各乡镇(苏木)的中心性强度,按照由大到小的方式排序后得到的结果(表4)。

根据潜力指数大小,可将科左中旗辖区的乡镇(苏木)明显的划分为3个等级。第一级(中心性强度大于10):宝龙山、保康、舍伯吐;第二级(中心性强度介于10与5之间):巴彥塔拉、架玛吐、希伯花、花吐古拉、腰林毛都、门达、代力吉;第三级(中心性强度

小于5):图布信、努日木、花胡硕、协代、白兴吐。

由于城镇体系结构分级通常是按照人口规模来进行划分的<sup>[22]</sup>,按城镇的中心性强度来划分城镇体系等级结构尚无统一的标准,本文根据中心性强度并考虑各乡镇(苏木)的地域分布特征,确定科左中旗旗域城镇体系结构分为以下3级。

中心镇:保康、宝龙山、舍伯吐。其中保康与宝龙山的发展潜力很大,有着天然的发展优势,且保康镇是科左中旗的旗政府驻地,宝龙山镇是科左中旗的工业重镇,二者对周边地区有着较强大的带动作用;舍伯吐镇的发展潜力得分虽不及前两者,但它坐落于旗域西部,在西部的各乡镇(苏木)中有着仍然有着较好的发展潜力,并且该镇交通发达,是重要的交通枢纽。

二级中心镇:巴彥塔拉、架玛吐、希伯花、花吐古拉、腰林毛都、门达、代力吉。这些乡镇(苏木)也有着较大的发展潜力,它们是承接中心镇辐射,带动周边地区发展的重要引擎。

一般镇:图布信、努日木、花胡硕、协代、白兴吐。

5.3 城镇辐射范围的划分

如前所述,划分城镇辐射范围的方法有很多种,根据研究区实际本文提出了一种基于改进断裂点模型的区域划分方法。另一种常见的方法是一般Voronoi图方法。

表3 科尔沁左翼中旗城镇距离摩擦作用指数与成本加权距离  
Table 3 The distance friction index of towns and the cost weighted distance of Horqin Left Middle Banner

起点	终 点															
	保康	宝龙山	舍伯吐	门达	巴彥塔拉	图布信	腰林毛都	希伯花	架玛吐	花吐古拉	花胡硕	代力吉	努日木	协代	白兴吐	苏
保康	0.000	45.181	167.922	63.019	72.555	34.667	91.455	201.955	25.115	150.262	177.430	30.098	25.375	46.413	59.785	
宝龙山	1.553	0.000	123.569	84.109	99.091	57.154	46.276	157.534	20.066	105.899	133.122	44.567	41.691	41.304	15.355	
舍伯吐	1.300	1.229	0.000	135.697	150.577	181.475	25.587	33.933	142.801	19.891	9.466	167.293	159.484	150.874	109.237	
门达	2.234	1.370	1.021	0.000	20.564	75.814	161.298	169.659	49.933	118.021	145.203	74.457	36.857	28.661	69.881	
巴彥塔拉	1.812	1.476	1.125	2.052	0.000	107.517	176.170	184.508	56.645	132.907	160.056	102.741	35.021	43.552	84.728	
图布信	2.000	2.078	1.478	2.229	1.873	0.000	76.465	214.139	37.413	162.470	189.678	12.910	60.045	58.652	71.987	
腰林毛都	1.779	2.000	2.000	1.176	1.252	2.289	0.000	59.543	66.329	45.821	35.053	71.277	87.924	87.596	61.726	
希伯花	1.331	1.282	1.477	1.112	1.189	1.485	1.701	0.000	176.793	54.183	41.846	201.273	185.159	184.810	143.187	
架玛吐	2.000	1.620	1.266	2.143	2.384	2.327	1.885	1.306	0.000	125.076	152.277	24.502	21.155	21.105	34.603	
花吐古拉	1.349	1.286	1.117	1.040	1.155	1.550	1.599	1.333	1.318	0.000	29.700	149.585	142.490	133.136	91.464	
花胡硕	1.285	1.213	1.000	1.019	1.117	1.462	1.730	1.387	1.249	1.063	0.000	176.703	169.660	160.334	118.654	
代力吉	2.000	2.104	1.446	2.259	1.867	2.000	2.251	1.452	2.500	1.512	1.423	0.000	55.484	45.781	59.098	
努日木	2.000	2.076	1.287	2.390	2.312	2.000	2.036	1.268	2.500	1.342	1.276	2.000	0.000	14.838	56.270	
协代	1.729	1.301	1.218	2.245	2.185	2.209	1.913	1.265	2.000	1.261	1.205	2.267	2.000	0.000	29.171	
白兴吐	1.509	1.533	1.199	1.430	1.478	1.937	1.884	1.265	1.515	1.258	1.183	1.924	1.894	2.500	0.000	

注:此矩阵右上为成本加权距离,左下为距离摩擦指数b。

表4 科尔沁左翼中旗城镇中心性强度统计表

Table 4 The centrality strength score of each town in Horqin Left Middle Banner

城镇名称	规模值	城镇名称	规模值	城镇名称	规模值
宝龙山镇	55.672	希伯花镇	9.593	图布信苏木	4.670
保康镇	48.960	花吐古拉镇	7.230	努日木镇	2.238
舍伯吐镇	28.107	腰林毛都镇	6.618	花胡硕苏木	0.887
巴彦塔拉镇	9.814	门达镇	6.350	协代苏木	0.700
架玛吐镇	9.615	代力吉镇	5.439	白兴吐苏木	0.632

5.3.1 一般Voronoi图方法

根据断裂点模型的理论,以各个城镇的人口规模为发生元,在ArcGIS中计算,得到基于Voronoi图的科左中旗城镇辐射范围划分方案。如图2所示。

5.3.2 加权Voronoi图方法

以断裂点模型为理论基础,以各乡镇(苏木)的城镇综合规模为数据源,以城镇中心性强度的平方根( $\sqrt{\sum Q}$ )为权重,采用加权Voronoi图,经GIS软件的处理,得到基于加权Voronoi图的科左中旗城镇辐射范围划分方案。如图3所示。

比较以上2种划分方案可知,常规方法只考虑了距离对于空间相互作用的影响,没有体现出城镇综合实力这一重要的因素,且边界的划分都是直线,过于生硬,与实际情况相差较大,并且不利于行政区划于管理。而改进的方法假设旗域范围内两个相邻的发生元同时向外扩张,且扩张的速度分别为 $v_1$ 与 $v_2$ 。由断裂点理论可知,它们应该同时到达断裂点,则它们扩张的距离之比等于其扩张速度之比,即 $d_A:d_B=v_1:v_2$ 。而由公式(2)可知, $d_A:d_B=\sqrt{p_A}:\sqrt{p_B}$ ,则 $v_1:v_2=\sqrt{p_A}:\sqrt{p_B}$ 。这表明用以城镇中心性强度的平方根为权重来改进断裂点模型的方法能更加科学和准确的描述城市的辐射影响范围。因此,本文采用加权Voronoi图方法来划分城镇的辐射范围。

城镇辐射范围对城镇经济区的划分起着决定性的作用<sup>[23]</sup>。科左中旗辖区的各乡镇(苏木)之间有着传统的经济技术联系,在区际劳动地域分工中有一定的地位和作用,在城镇职能联系上形成了一定的网络体系<sup>[24]</sup>。城镇经济分区应该以城镇影响辐射范围为基础,但为了便于行政方面的管

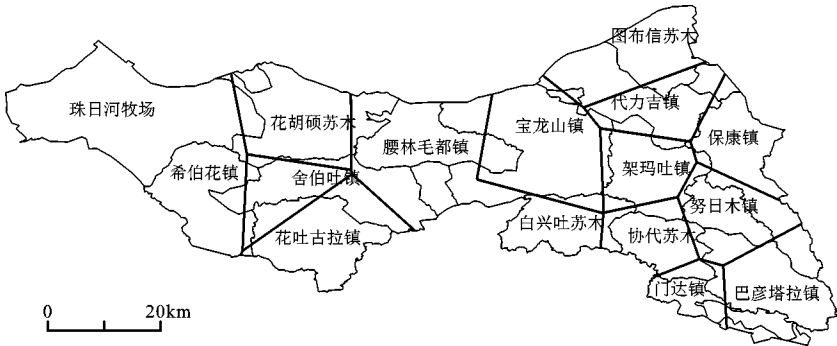


图2 基于一般Voronoi图的城镇辐射范围的划分  
Fig. 2 The division of city influenced regions based on regular Voronoi diagram

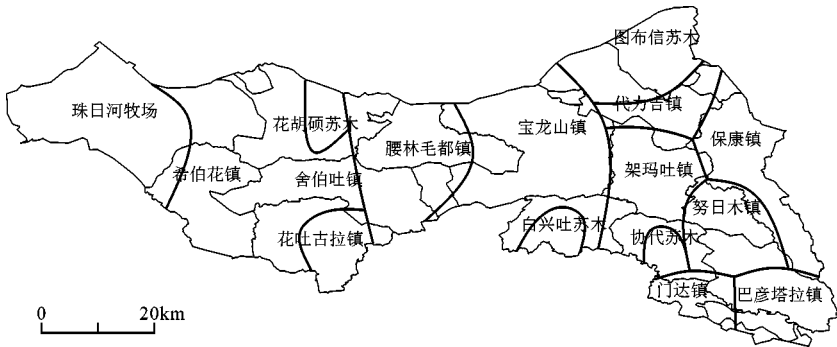


图3 基于加权Voronoi图的城镇辐射范围的划分  
Fig. 3 The division of city influenced regions based on weighted Voronoi diagram

理,应该对城镇的影响辐射范围进行适当的调整,以便保证行政区划的完整性。调整应该以三大中心镇为基础,向外延伸,将能够承接三大中心镇产业辐射,并具有一定发展潜力的乡镇并归为一个中心乡镇的经济区划内。对于行政区面积超过60%且政府驻地处于某中心城镇影响区范围的乡镇,可将其划入该中心城镇经济区;对于政府驻地与乡镇绝大部分行政区分属不同城镇经济区的乡镇,需要综合考虑城镇产业关联和交通联系等因素,将乡镇划入与之经济联系较为密切的中心城镇经济区域内。① 保康镇:科左中旗的旗政府所在地,是全旗的政治、经济、文化中心。其主要产业为商贸物流、园区工业、设施农业以及蒙古族民俗文化产业等。根据周边乡镇的实际情况以及主要交通线路的布局,将图布信苏木、丰库牧场、代力吉镇、架玛吐镇、努日木镇、协代苏木、巴彦塔拉镇、门达镇以及巴彦塔拉农场并入以保康镇为首的经济区划内。② 宝龙山镇:科左中旗的工业、商业中心。其主要产业为风机制造、风电、煤炭工业、园区工业等。其交通便利,是沟通科左中旗东西部的纽带。根据公路、铁路的分布状况以及周边乡镇的经济发展现状,现将白兴吐苏木、腰林毛都镇、东苏林场(南)并入宝龙山镇经济区。③ 舍伯吐镇:科尔沁左翼中旗的交通枢纽、物流中心。旗域范围内的农贸产品集散地,科左中旗西部重镇。主要产业有风电、物流、畜牧、设施农业等。其影响范围为花胡硕苏木、东苏林场(北)、花吐古拉镇、希伯花镇、珠日河牧场。

但本文通过分析注意到,虽然科左中旗区域经济区划结构较为合理,但其发育程度不一,带动与影响力不强,对于距离中心区较远的区域起不到有效的促进作用,且区域间的联系不够紧密,仍有较大的真空区间有待进一步的规划与开发。

## 6 结论与讨论

基于空间相互作用理论模型,利用GIS空间分析功能,结合科左中旗实际引入加权平均距离摩擦指数和成本加权距离的概念,定量的分析城镇之间的影响范围、强度与影响因素,真实客观地反映出了该地区城镇体系的现状与发展条件。

1) 研究了在实际环境下对空间相互作用模型的改进方法。对于断裂点模型的改进,应尽可能的贴近实际情况,考虑实际情况中辐射扩散的机制,

引进成本加权距离的概念以及加权平均量测距离摩擦作用指数 $b$ ;不仅要考虑距离的影响,还要考虑城镇综合实力对于城镇影响范围划分的影响。

2) 采用城镇中心性强度来代替原有的以人口数为基准的城镇规模指标体系。综合考虑人口、面积、旗规模以上企业数量、财政收入等方面,经计算得到城镇的中心性强度值,较原有的以人口为基准的评价体系,该指数更全面与客观。

3) 由城镇中心性强度的计算结果,并根据科左中旗乡镇(苏木)的分布特征,将旗域辖区的乡镇(苏木)划分为中心镇(保康、宝龙山、舍伯吐),二级中心镇(巴彦塔拉、架玛吐、希伯花、花吐古拉、腰林毛都、门达、代力吉)以及一般镇(图布信、努日木、花胡硕、协代、白兴吐)。

4) 根据科左中旗的实际情况并结合改进模型的计算结果与各种属性数据,将科左中旗划分为东、中、西3个经济区,并明确的指出了各个经济区的所属范围。这对科左中旗产业分工与资源整合以及有效利用有着重要的意义。

但本文的分析仍有一定的局限性:首先,本文将科左中旗作为一个独立的系统进行分析,并没有过多的考虑外部环境对它的影响;其次,本文的数据形式较为单一,对道路的通行能力分析只考虑了等级的因素等。在今后的分析与研究中,应不断创新,不断应用新技术、新方法,利用RS(遥感)、GIS(地理信息系统)与其他属性、历史数据结合的方法,立体而客观的反映城镇体系的历史沿革、现状与发展方向,为城镇化的科学有序进行提供强大的技术支持。

## 参考文献:

- [1] 陈丽华. 小城镇规划[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009:8, 7~8.
- [2] 许学强, 周一星, 宁越敏. 城市地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [3] 宋小冬, 廖雄超. 基于GIS的空间相互作用模型在城镇发展研究中的应用[J]. 城市规划汇刊, 2003,3: 46~51.
- [4] 闫卫阳, 王发曾, 秦耀辰. 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):4:512~517.
- [5] 由 翌, 明立波. 基于断裂点模型的县域空间结构优化研究——以广东省陆丰市为例[J]. 广西城镇建设, 2008,9:102~105.
- [6] A Okabe, B Boots, K Sugihara. Nearest neighborhood operation with generalized Voronoi Diagram [J]. International Journal of Geographical Information Science, 1994,8: 43-71.
- [7] C Li, J Chen, Z Li. A raster-based method for computing Voronoi Diagrams of spatial objects using dynamic distance Trans-

- formation [J]. International Journal of Geographical Information Science, 1993, **13**: 209-225.
- [8] C A Wang, P Y Tsin. Finding constrained and weighted Voronoi Diagrams in the plane [C]. Proceedings of the Second Canadian Conference in Computational Geometry, Ottawa August 1990: 200-203.
- [9] Joe B. Construction of three-dimension Delaunay triangulation using local transformations [J]. Computer Aided Geometric Des., 1991, (8): 123-142.
- [10] Okabe A, Satoh T, Furuta T et al. Generalized network Voronoi Diagrams: Concepts, computational methods and applications [J]. International Journal of Geographical Information Science. 2008, **22**: 9, 965-994.
- [11] Boots B, South R. Modeling retail market fields using higher-order, multiplicatively weighted Voronoi diagrams [J]. Journal of Retailing, 1997, **73**(4): 519-536.
- [12] Okabe A, Suzuki A. Locational optimization problems solving through Voronoi Diagrams [J]. Europe Journal Operation Research, 1997, **98**: 445-456.
- [13] 赵群毅. 全球化背景下的城市中心性: 概念、测量与应用[J]. 城镇化, 2009, **16**(4): 76-82.
- [14] 崔功豪, 魏清泉, 刘科伟. 区域分析与区域规划[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 5.
- [15] 闫卫阳, 秦耀辰, 郭庆胜, 等. 城市断裂点理论的验证、扩展及应用[J]. 人文地理, 2004, **19**(2): 12-15.
- [16] 黄杏元, 马劲松. 地理信息系统概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 12.
- [17] 刘爱华, 谢正观. 加权 Voronoi 图在城镇经济区划分中的应用——以十堰市为例[J]. 地理与地理信息科学, 2011, **27**(4): 80-81.
- [18] 百度百科. 城市规模 [EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/427908.htm>, 2011.6.29.
- [19] 郭 汝. 城镇规模研究综述及趋势探讨[J]. 中国经贸导刊, 2011, (8): 72-73.
- [20] 刘静玉. 当代城市化背景下的中原城市群经济整合研究[D]. 郑州: 河南大学, 2006.
- [21] 吴 茵, 李满春, 毛 亮. GIS 支持的县域城镇体系空间结构定量分析——以浙江省临安市为例[J]. 2006, **22**(2): 73-77.
- [22] GB50188-93. 村镇规划标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1993.
- [23] 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.
- [24] 宝力高. 内蒙古城镇经济区划的研究[J]. 内蒙古师大学报自然科学(汉文)版, 1999, **28**(3): 210-213.

## Quantitative Analysis and Urban System Planning of County Area Based on Spatial-Interaction Model: A Case in Horqin Left Middle Banner, Inner Mongolia

FAN Qiang<sup>1,2</sup>, ZHANG He-xin<sup>1</sup>, LI Yong-hua<sup>2</sup>, WANG Jing-xue<sup>1</sup>

(1. School of Geomatics, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000, China; 2. School of Urban and Environment Sciences, Liaoning Normal University, Dalian, Liaoning 116029, China)

**Abstract:** This article realizes the classification of urban system structure and the division of economic zone in Horqin by improving the breaking point model based on spatial interaction model and GIS platform. First of all, it introduces a model improving method which replaces the urban population with the centrality strength and combines the weighted Voronoi Diagram. Then it builds and completes the centrality strength computing index system by introducing the concepts of weighted average distance friction index of towns and cost weighted distance, etc. The urban system structure has been classified into central towns, secondary central towns and common towns. Finally, by comparing two space division solutions of regular Voronoi diagram and weighted Voronoi Diagram, it can be found that the latter has been determined to be the final solution of urban influenced regions. By merging and searching the sub-regions step by step, this article divides the study area into three economic zones—east economic zone, middle economic zone and west economic zone. The results reflect the current situation and the tendency of development of urban system and provide theoretical basis for the sustainable development of urban system in Horqin Left Middle Banner.

**Key words:** spatial Interaction model; system structure planning; economic function zoning; Voronoi diagram