

文章编号: 1000-0690(2001)01-0057-07

# 基于雷达卫星图像的黄淮海平原 城镇体系空间结构研究

王心源<sup>1,2</sup>, 范湘涛<sup>2</sup>, 邵 芸<sup>2</sup>, 郭华东<sup>2</sup>, 王长林<sup>2</sup>, 刘 浩<sup>2</sup>

(1. 安徽师范大学国土资源学院, 安徽 芜湖 241000; 2 中国科学院遥感应用研究所遥感信息科学开放实验室, 北京 100101;)

摘要: 基于雷达卫星 ScanSAR 遥感图像分析, 根据中心地理论, 对黄淮海平原不同地貌、水文等要素影响下的城镇体系空间结构进行研究。结果表明: 1) 利用雷达遥感对结构信息的灵敏反应和雷达卫星 ScanSAR 合适分辨率, 在图像上直接显示出建成区的分布和范围, 直观反映出城镇相对等级, 这也表明雷达遥感在城市地理研究中的应用潜力; 2) 黄淮海平原城镇空间结构深受自然条件特别是地貌尤其是水文(河流、古河道、湖泊)的影响, 城镇体系可划分为5种类型区; 3) 发展了河流影响下的中心地体系由六边形向五边形或四边形演化的构建模型; 4) 无论六边形还是五边形的中心地体系, 本区体现了理论上对中心地间的距离构建法则与实际情况的良好关系, 实证了克氏的中心地理论在黄淮海平原重要农产区的某种存在。

关键词: 城镇体系; 实体地域; 雷达卫星遥感; 黄淮海平原

中国分类号: P407.81/F209 文献标识码: A

城市地理研究一般在两个层次上进行, 一种是把单个城市地域当作一个系统来研究, 即研究它的内部结构; 另一种是把多个城市地域当作一个系统来研究, 即研究城市体系。从宏观总体的角度进行城镇地域结构研究, 将对国家制定以城市为中心的区域发展方针、计划、规划, 实现全国的社会、经济的均衡发展, 具有重要的意义<sup>[1]</sup>。

我国的城市地域空间结构研究过去或在理论上对演变规律、动力机制、模式识别进行探讨, 或集中对个别城市地域结构的特征、地域结构优化、中心城市的扩散机制等问题进行研究<sup>[2-4]</sup>, 亦有人对我国的城市群或城市带作了分析研究<sup>[5-8]</sup>, 但对一个较复杂的自然地理区域中城镇体系的空间结构研究尚嫌不足, 其原因是多方面的。由于遥感技术可获得大范围的地面影像, 它可以提供一种综合的地理信息源, 包括各种地理要素以及空间信息, 这样为地理现象的空间分析提供定位、定性和定量的数据<sup>[9]</sup>, 亦为区域城镇体系空间结构分析、区域城市布局决策提供科学依据。故而近年来遥感技术在城市地理

研究中逐步得到推广<sup>[10]</sup>。

一般来说, 城市地域概念可作三种类型的界定<sup>[11]</sup>: 城市的行政地域、实体地域(或称景观地域)和功能地域。本文涉及城市(镇)的实体地域。城市的实体地域指集中了各种城市设施, 以非农业用地和非农业经济活动为主体的城市景观分布范围, 相当于城市建成区。由于中国城市行政地域普遍大于实体地域, 进行城市(镇)实体地域研究, 这对于城乡划分、城镇人口统计以及城市理论基础研究特别重要<sup>[11,12]</sup>。由于城镇实体地域研究涉及许多问题, 如实体地域的划分界线、统计数据的标准口径、数据的收集与处理等问题, 这给大范围区域开展城镇实体地域的系统研究带来困难。我们利用国际合作, 获得了由加拿大 RSI 提供的中国东部(部分)雷达卫星遥感数据。在雷达卫星遥感图像上, 城镇建成区被醒目地显示出来, 这为我们进行城镇实体地域体系空间结构研究提供独特的优势。本文通过对区域城镇现状空间结构的特点分析, 找出区域城镇分布的主要控制因素<sup>[13]</sup>。

收稿日期: 1999-12-13; 修订日期: 2000-04-19

基金项目: 本研究得到国家自然科学基金重大项目(批准号: 49989001-4)、中国科学院遥感信息科学开放实验室基金(编号: SK990004)和安徽师范大学自然地理学重点学科基金联合资助。

作者简介: 王心源(1964-), 男, 安徽六安人, 副教授, 博士, 主要从事遥感应用研究。E-mail: xinyuanw@263.net

## 1 雷达遥感的特点及在城市地理研究中的优势

雷达遥感与其它遥感不同表现为<sup>[14]</sup>: ① 雷达工作于微波波段, 波段从数毫米到数米, 比光学波段的波长长得多; ② 雷达为主动式传感器, 它发射和接收单一频率及各种极化组合的信息; ③ 雷达成像的形式为侧视成像。于是表现在雷达图像上, 就形成了雷达图像固有的几何特点和不同于其它遥感图像的信息特点。由于建筑立面与地面构成二面角反射器效应, 雷达发射的微波会被强烈地后向散射, 因此对于主要由建筑物所充填的城镇建成区而言, 其形状、分布、范围的信息将得到强化, 故在雷达图像上呈现明亮的光斑, 这就是城镇建筑群呈亮的光斑的信息原因。一般而言, 建成区建筑物分布范围大, 城镇级别就高。于是利用光斑面积大小对城镇等级进行划分, 比其它遥感图像都要更客观、醒目、方便与快捷; 另外, 雷达卫星遥感因有穿透云雾的全天候、全天时功能, 故即便在常年云雾覆盖或大气污染严重的城市上空也能获取有效数据, 这比 TM、SPOT 遥感具有独特的优势。雷达卫星遥感周期快(24天), 覆盖面积大(宽幅 ScanSAR 一景可达 500 km × 500 km), 且每次过顶均可获取有效数据。所以说利用雷达卫星遥感可以达到对城镇建设规模进行定期的、实时的、客观的、动态的监测。需要提及, 对于本研究中值得注意的一种雷达图像几何特点是由于高层建筑物对雷达波的阻挡, 会在高层建筑背面产生雷达阴影, 这种情况尤其会造成在建成区内的雷达图像中暗色“空地”范围可能被扩大, 另外, 在一些特定方向上, 建筑群也可能造成弱的回波, 从而在图像上呈暗色, 这也增加建成区暗色“空地”效应。不过, 它们对本文进行城镇体系空间结构研究不会带来实质的影响。故总体上说, 明亮的光斑大小可以代表着城镇的级别相对高低。这种客观又直观的分类方法, 比在行政地图或其它遥感图像上进行级别分类更具有优势。

本研究中所用的是加拿大雷达卫星 1 号(Radarsat I)于 1997 年 5~6 月在本区获取的窄幅 ScanSAR 图像(一景 300 km × 300 km, 全区共 12 景镶嵌而成), 传感器工作频段为 C 波段(波长 5.6 cm), 采用水平发射、水平接收的 HH 极化方式, 通过图像的纠正和处理形成 50 m × 50 m(距离 × 方位)的分辨率, 满足于区域城镇体系的分析要求。

## 2 黄淮海平原城镇体系空间结构的类型区划分

### 2.1 城镇级别划分的依据

关于宏观地域结构的中心地理论已经提出了关于城市乡镇如何划分空间的地理问题<sup>[15]</sup>。在抽象的“均质”地理空间中, 每个点可以朝任何方向移动, 点与点之间对空间的争夺最终形成共知的六边形网络。但实际的地理空间却有许多的复杂性: 经济方面的复杂性涉及到商业区建立需要考虑消费者可以承受的购买价格和到达市场的距离; 拓扑几何方面的复杂性可能涉及到政体的或政体内的选举区情况; 社会方面的复杂性可能涉及到宗教、食物偏好以及其它基于文化传统的成份, 社会中已有的成份连同不同的需求, 于是可能有不同的决策, 它包括住宅区如何划分空间, 以及在这样一些住宅区周围, 商业区如何确定形状规模<sup>[16]</sup>; 自然方面的复杂性涉及到诸如地质的、地貌的和水文等方面的不均一性, 影响城镇区位的选择。就六边形网络形成而言, 在一定“均质”的区域内, 自然因素的影响有时可能是首要的, 如在英国的城市体系图中<sup>[17]</sup>就没有能构成区域性的高级别的六边形城镇体系。

故我们认为, 在一定“均质”的区域内, 建成区面积越大则可以代表该城镇等级相对越高。而构成建成区主要因素的建筑群所占面积越大, 则代表该建成区面积越大, 从而也就代表该城镇等级相对越高, 反之则表明城镇等级相对低。

### 2.2 五大类型区的划分

对于本研究区而言, 社会的、文化的因素可以认为相差不大, 经济的情况目前虽有些不同, 但最早大多是在农村市场基础上发展起来的聚落体系, 主要的则是自然方面的情况相差较大, 尤其表现在水文和地貌上。供水对于城镇来说可谓首要条件。考虑到河流包括古河道、湖泊兼及地貌对中心地的作用, 并参考《中华人民共和国自然地图集(1964年)》的地貌自然区划和文献<sup>[8]</sup>的研究, 本研究区可以划为五大类型区(图 1), 它们分别是: I. 太行山山前冲洪扇区等距离中心地城镇体系区; II. 河北平原(中心部分)六边形城镇体系区; III. 黄河影响的五边形城镇体系区; IV. 淮河梳状水系影响下的(准平行)四边形城镇体系区; V. 鲁中南低山丘陵间剥蚀平原散布的与新兴的城镇区, 此区本文不准备作详细讨论。



图1 基于雷达卫星 ScanSAR 影像的华北平原(部分)城镇体系结构图

Fig. 1 The structure map of urban system in North china Plain based on from Radarsat ScanSAR mosaic image

### 3 城镇体系空间结构分区分析

#### 3.1 太行山前冲洪扇区等距离中心地城镇体系

此冲、洪积扇条带,总体由西向东倾斜,由永定河、拒马河、滹沱河、漳河等众多河流冲、洪积而成。冲、洪积扇上不仅有河流且地下水丰富,故在其上发育了众多的城镇。但此带在东西向上窄,故中心地划分空间只能在东北-西南和近南北向的条带上。在本区域内主要的中心地有北京市、保定市、石家庄市、邢台市、邯郸市、安阳市等。可以看出主要中心地呈近等间距分布。如在北京市-石家庄市连线上,保定市几乎介于中间;邢台市-邯郸市-安阳市,规模相近并等距分布,在这些中心地周围的次级中心,构成不规则多边形,反映该带城镇发展空间受自然因素(地貌、河流)影响较大,如高邑周围的小城镇;另外,在该带中心地等级有间断,且低级中心地深受河流影响,如石家庄中心地周围,不仅缺乏次级中心地,而且其低级中心地分布受河流影响很大(后面论述)。

#### 3.2 河北冲积平原中心部分地区六边形城镇体系

河北冲积平原由海河、漳河及(古)黄河冲积而成,该区不仅今日海河各级支流水网密集遍布,而且由水道摆动形成的古河道纵横交错<sup>[9]</sup>,故而地下水丰富,这为城镇在此区“自由”发展提供优越条件。从这个意义上说,它满足发展中心地六边形的不受河流影响的地理空间条件。

从图1亮斑可见,在该子区域II内最引人注目的是德州市,它位于华北平原中心位置,应当有较好的发展城镇体系条件。根据等规模原则,我们以德州市为第一级中心地,连接其周围次级的中心地,构成了龙华-吴桥(0.95 cm)- (陵县(1.1 cm) - 平原(0.73 cm) - 武城(0.95 cm) - 故城(0.51 cm) - 龙华(0.88 cm)的六边形(后面数字为两个中心地间的直线距离,下同),平均边长0.85 cm;还可画出泊头-乐陵(1.86) - 临邑(1.86) - 高唐(1.9) - 清河(1.75) - 武邑(2.41) - 泊头(1.68)更大一级的六边形,平均边长1.91 cm。在以宁津为中心,亦可画出六边形泊头-乐陵(1.86) - 商河(1.43) - 临邑(0.88) - 陵县(0.88) - 吴桥(1.1) - 泊头(0.95),平均边长1.18 cm。

与德州市共同分享市场空间的同等级中心地从图中光斑可见有沧州市和另一分区的聊城市、济南市(此处作为它的次一级职能而言,关于济南市作为

区域最大一级中心地后述)等,而与德州市最近直线距离为隔黄河的济南市,从图上直线为3.3 cm。根据 $k=3$ 的市场竞争原则,两中心地距离是它两次一级中心地距离的 $\sqrt{3}$ 倍。由此法则(后面简称此为 $k=3$ 的 $\sqrt{3}$ 法则),我们计算以德州为代表的德州-济南分割的地理空间形成的六边形理论边长为 $3.3/\sqrt{3}=1.905$ ,可见它与德州最大六边形平均边长为1.91非常相近。但德州最大一级六边形,变形比较严重,反映了其地理空间受到周围中心地的竞争、挤压,使六边形面积变小,边长有的拉长,有的缩短,但总的周长不变,调整结果使乐陵市成为六边形的顶角尖,整个六边形向渤海方向的海积平原伸展。由“ $k=3$ 的 $\sqrt{3}$ 法则”次一级六边形边长 $1.905/\sqrt{3}=1.10$  cm,此边长与以宁津为中心的六边形平均边长1.18 cm相近。德州的次级六边形即相当于第三代卫星城(参见文献[20]),它是与以宁津为代表的中心地作用发展起来的,理论边长 $1.5\text{ cm}/\sqrt{3}=0.87$  cm,与德州的实际次级六边形平均边长0.87 cm相等。在德州北部的沧州市,向东部发展受到渤海的空间阻隔,不能形成完整的六边形,故以五边形面貌出现。天津市的发展东受渤海阻挡,西北、西受北京强烈排斥,周围发展空间有限,故无完整的中心地多边形。

#### 3.3 黄河影响的五边形城镇体系区

本处所指黄河冲积平原界定为以高唐-临邑-商河以南的黄河影响区,即大体以徒骇河为北界,南界的西部以尉氏-通许-杞县-民权-商丘市-砀山-丰县-沛县进入微山湖,此界大体上以今日尚可见到残存断续的废黄河故道为界,在本图像中可能当时有一定水量,故尚可见到呈一较连续的河道(黑色);从微山湖向东,即进入鲁中南低山丘陵。

该子区III为较大的中心地,从图1的亮斑可见有济南市(此处亦作为它的次一级职能而言)、泰安市、聊城市、濮阳市、开封市、菏泽市以及济宁市等。我们按照中心地体系规则,画出本区域城镇体系为五边形的网络。为什么本区呈五边形城镇体系呢?我们认为这主要是受宽大的黄河及湖泊的影响。

一般而言,河流、湖泊对城镇的作用表现在它使城镇有向水临近的趋势。下面我们来看六边形城镇体系中,一条河流分别穿过其边沿及中心附近会发生怎样变化。图2表示的是 $O_1$ 、 $O_2$ 两个一级中心地及其次级中心地所成的两个六边形 $ABCDEF$ 和 $GHIJEF$ ,一条河流通过 $O_1$ 六边形的南部和 $O_2$ 六

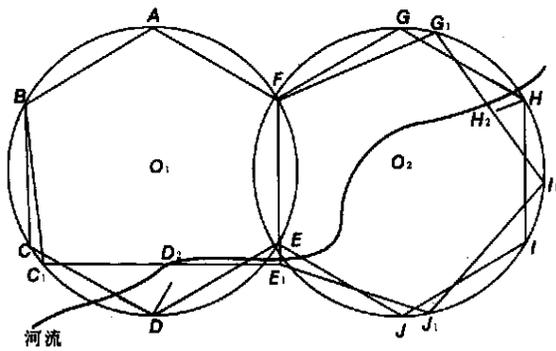


图2 河流使六边形中心地网络向五边形中心地网络形成过程示意图

Fig. 2 The process of hexagonal central place network converted to pentagonal network controlled by river

边形的中部。由于河流的吸引作用,使次级中心地  $D$  点将沿  $DC$ 、 $DE$  和  $DO_1$  方向一分为三(不一定均等)地移动,并且由于  $D$  与  $C$  间、 $D$  与  $E$  间的作用,可以使  $C$ 、 $E$  点亦向河边移动一定距离形成  $C_1$ 、 $E_1$  点,而  $D$  点向河边移动形成  $D_2$ 。由于在  $C_1$ 、 $E_1$  间,故  $D_2$  所拥有的空间以及级别将取决于  $C_1$  与  $E_1$ ,而不是取决于  $O_1$  了。 $D_2$  点因此不再属于次级而是属于再下一级别城镇等级故不被记入,亦即在  $O$  的次级别上消失,从而由原来六边形就演化为五边形  $A$ 、 $B$ 、 $C_1$ 、 $E_1$ 、 $F$ 。同样,在  $O_2$  的六边形中,  $H$  点亦向三个方向的移动,结果  $H$  点变成  $H_2$  点,  $G$ 、 $I$ 、 $J$  点分别调整到  $G_1$ 、 $I_1$ 、 $J_1$ 。 $E_1$  点是多种综合作用调整的结果,在此不赘言,故原  $O_2$  六边形就变成  $F$ 、 $G_1$ 、 $I_1$ 、 $J_1$ 、 $E_1$  五边形。 $O_1$  五边形典型实例是图 1 中的以聊城为中心的清河-高唐(1.75 cm)-平阴(2 cm)-阳谷(2.45 cm)-冠县(1.55 cm)-清河(2.05 cm),平均边长 1.96 cm;  $O_2$  五边形典型实例是图 1 中以济南为中心的临邑-章丘(2.4 cm)-泰安(2.05 cm)-平阴(1.85 cm)-高唐(2 cm)-临邑(2 cm),平均边长 2.06 cm。

相似于“ $k=3$  的  $\sqrt{3}$  法则”,对于五边形而言,不难计算出高一等级中心地间距离是次一级中心地距离的  $\text{tg } 54^\circ = 1.376$  倍。对于中心地济南而言,济南与聊城及德州均有黄河之隔,聊城、德州城市等级规模相似,故以临近原则,济南与聊城直线距离 2.8 cm,次级中心地边长  $2.8 \text{ cm} / 1.376 \text{ cm} = 2.03 \text{ cm}$ ,与济南五边形平均边长 2.06 cm 非常临近。对于中心地聊城而言,较大一级中心地的五边形边长平均 1.96 cm,与次级中心地理论边长 2.03 cm 相近;次级的

边长冠县-临清(1.4)-茌平(1.7)-东阿(0.9)-冠县(1),平均边长为 1.32 cm,与次级的理论边长  $2.03 \text{ cm} / 1.376 = 1.475 \text{ cm}$  有些差距,这可能与德州市的吸引作用有关。若我们认为聊城的次级中心地受德州的吸引比受黄河之隔的济南的吸引更大,则以聊城市-德州市 3.45 cm 计,理论计算得到第三次级边长 1.32 cm,与聊城内次级平均边长 1.32 cm 相当。另外,对于济南市而言,它作为区域最高级别中心地,围绕它的次一级中心地有:德州-聊城-济宁-临沂(?)半个六边形,其残缺不全的原因可能是受低山丘陵和东部渤海湾以及黄河三角洲的影响。徐州市作为区域的高级中心地,亦由于周围地形地貌和水文(河、湖)影响,没有构成完整的高级中心地多边形结构,但次级多边形结构是存在的。

由图 1 可见,黄河在开封、菏泽、济宁一带冲积平原也形成了五边形城镇体系。其中由济宁-菏泽两者间形成了五边形城镇体系,而开封的五边形可能与其西部郑州有关(出了图幅),有的更次级多边形在本图就没有画出,它们的构成原理仍如上述,此处不多赘言。

由上得出中心地分割市场空间遵循的原则: 1) 最近原则。在三个(包含三个)以上中心地相互作用时,以相临近的两个中心地分割空间为主要依据,但次一级的中心地体系可能因河流阻隔而不仅仅遵守最近距离原则,反映空间分割原则的多重性。 2) 周长不变原则。正多边形形状可以因空间竞争“挤压”而使面积变小,但总周长一定,平均边长相接近于理论边长。

### 3.4 淮河梳状水系影响下的(准平行)四边形城镇体系区

该子区范围西部以五边形南部为界,东部以鲁中南低山丘陵南部为界。呈微向南倾斜的淮河冲积平原,其上发育的梳状水系,支流间往往平行伸展,对于城镇体系结构有着重要的影响。

从图 1 可见,在该范围内除有几个大一点的如漯河市、亳州市、宿州市等外,城镇规模大多差不多。众多城镇均临河流而建,于是构成了准平行四边形或梯形的城镇体系结构,往往四边形内无较大的中心地。典型的如沿涡河而建的亳州、涡阳、蒙城,与沿沱河而建的永城、宿州和临近沱河的固镇,它们几乎构成平行四边形。这种情况在同沂河与沭河两条近平行状水系密切相关的城镇体系中再次表现出准平行四边形。石家庄东部低级中心地受平行的滹沱

河、潜龙河影响也形成四边形城镇体系。六边形城镇体系向四边形演化情况可用图 3 说明。

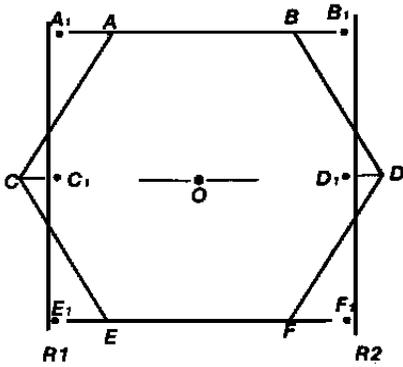


图 3 受平行状河流  $R_1$ 、 $R_2$  作用, 中心地  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$  分别移向新的中心地  $A_1$ 、 $B_1$ 、 $C_1$ 、 $D_1$ 、 $E_1$ 、 $F_1$

Fig. 3 Central places  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ ,  $E$ ,  $F$  shifts to new place  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$ ,  $D_1$ ,  $E_1$ ,  $F_1$  controlled by two parallel rivers  $R_1$  and  $R_2$

## 4 结 论

从上述的讨论我们可以得出如下结论:

1) 雷达遥感可以客观地反映建成区建筑群规模, 从而反映出城镇体系的相对等级, 显示出雷达遥感在城市地理研究上具有一定的应用潜力。

2) 中心地理论的市场竞争下的城镇等级体系构建规则, 在本区得到了较好的体现, 具有对本区实际工作的指导作用。

3) 近似原则。当平原上河道(古河道)纵模交错, 且河道又不足以阻碍中心地间相互作用时, 就相当于抽象地理空间具备的条件, 即向任何方向的等概率发展而形成六边形。

4) 周长保持不变规则。由于实际的地理空间多级别的中心地同时共同作用, 因此彼此争夺空间的作用相当复杂、强烈, 致使封闭多边形(六边形、五边形)产生变形, 有的边长拉长, 有的边长缩短, 使所占空间面积变小, 但总周长却保持不变(或说平均边长与理论边长相近)。

5) 当一条主要河流(如黄河)穿过六边形时, 将可能影响次级中心地的分布, 使由六边形变成五边形; 而当两条或两条以上平行的河流作用下, 中心地将呈准平行四边形或梯形分布。

致谢: 本研究得到加拿大遥感中心 PCI 提供 Radarsat ScanSAR 数据, 叶舜赞教授、焦华富博士及王国博士对本文提出了宝贵的建议, 在此一并感谢。

## 参考文献:

- [1] 宋家泰, 顾朝林. 城镇体系规划的理论与方法初探. 地理学报[J], 1988, 43(2): 97~ 107.
- [2] 于洪俊, 宁越敏. 城市地理概论[M]. 合肥: 安徽人民出版社, 1983.
- [3] 许学强, 朱剑如. 现代城市地理学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988.
- [4] 宁越敏, 严重敏. 中国中心城市的不平衡发展及空间扩散的研究[J]. 地理学报, 1993, 48(2): 97~ 104.
- [5] 孙一飞. 城镇密集区的界定[J]. 经济地理, 1995, 15(3): 36~ 40.
- [6] 李世超. 关于城市带的研究[J]. 人文地理, 1989, 4(1): 34~ 44.
- [7] 姚士谋. 中国的城市群[M]. 合肥: 中国科技大学出版社, 1992.
- [8] 许学强. 珠江三角洲城市化的回顾与前瞻[A]. 中山大学珠江三角洲经济发展与管理研究中心编. 珠江三角洲城市化的回顾与前瞻[C]. 广州: 中山大学出版社, 1992.
- [9] 陈述彭. 地理系统与地理信息系统[J]. 地理学报, 1991, 46(1): 1~ 7.
- [10] 顾朝林, 徐海贤. 改革开放二十年来中国城市地理学研究进展[J]. 地理科学, 1999, 19(4): 320~ 331.
- [11] 周一星, 史育龙. 建立中国城市的实体地域概念[J]. 地理学报, 1995, 50(1): 289~ 301.
- [12] Zhou Yixing. Definitions of Urban Places and statistical Standards of Urban population in China: Problems and Solutions [J]. Asian Geographer, 1988, 7(1): 12~ 28.
- [13] 许学强, 等. 城市地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [14] 舒士畏, 等. 雷达图像的几何特点及计算机模拟[A], 郭华东(主编). 雷达图像分析及地质应用[C]. 北京: 科学出版社, 1991. 11~ 20.
- [15] Christaller W. Central places in Southern Germany [M], translated from Die zentralen orte in Suddentschland: Eine oekonomisch-geographische Untersuchung uber die Gesetzmassigkeit der Vorbereitung und Entwicklung der Siedlungen mit stadtischen Funktionen (Jena 1933), by C. W. Baskin. Englewood cliffs, N. J: Prentice Hall. 1966.
- [16] Arlinghaus S, Arlinghaus W. The fractal theory of central place geometry: A Diophantine analysis of fractal generators for arbitrary Ischian numbers [J]. Geographical Analysis 1989, 21(2): 103~ 121.
- [17] Smith R D P. The changing urban hierarchy [J]. Regional studies, 1968, 2: 1~ 19.
- [18] 邵时雄, 郭盛乔, 韩书华. 黄、淮、海平原地貌结构特征及演化[J]. 地理学报, 1989, 44(3).
- [19] 吴 忱, 王子惠, 许清海. 河北平原的浅埋古河道[J]. 地理学报, 1986, 41(4): 332~ 340.
- [20] 蔡渝平. 地域结构的演变和预测[J]. 地理学报, 1987, 42(1): 69~ 81.

## On Spatial Structure of Urban System of Huang-Huai-Hai Plain Based on Radarsat Mosaic Image

WANG Xin-yuan<sup>1,2</sup>, FAN Xiang-tao<sup>2</sup>, SHAO Yun<sup>1</sup>,  
GUO Hua-dong<sup>2</sup>, WANG Chang-lin<sup>2</sup>, LIU Hao<sup>2</sup>

(1. College of National Territory Resource, Anhui Normal University, Wuhu, 241000; 2. Laboratory of Remote Sensing Information Sciences, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

**Abstract:** Differ from optical remote sensing, Radar remote sensing has the ability of imaging all-time, all-weather and penetration to cloud and dry sand and soil. Besides penetration, Radar can also detect micro-relief, building, vegetation distribution, surface roughness and water content sensitively, thus is superior to other remote sensing means for these studies. It has become one of the most important techniques for earth observation. Canadian Radarsat was launched in 1996, and is the first commercial operating SAR system. It has seven kinds of beam mode and twenty-five imaging modes, of which ScanSAR mode can obtain images with swath of 300 km (Narrow) and 500 km (Wide), and resolution of 50m and 100m. It conforms to analyses of regional urban geography.

Based on central place theory, the spatial structure of Urban system of Huang-Huai-Hai Plain is studied by using Radarsat ScanSAR narrow mode mosaic image. The results are: 1) Radarsat ScanSAR data are suitable for automatic extraction of building-up area and has meaningful potential for urban geographic study. 2) The urban system of Huang-huai-hai plain, which is deeply influenced by physical factors, especially hydrographic factors (such as river, paleochannel and lake), can be divided into five categories. They are: urban system of equal distance between central places on fluvial fan region by Mt. Taihangshan; hexagonal urban system in central part of Hebei plain; pentagonal urban system in Huanghe River fluvial fan; quadrilateral urban system in the vicinity of Huaihe River system; and scattered new towns in the places of rolling hills in central and southern in Shandong Province. 3) A evolution model of central place system from hexagon to pentagon and to quadrangle governed by river is suggested. 4) No matter hexagonal or pentagonal urban systems, this study has demonstrated that there are good relationship between the model of distance structure of central place and the real-life instance.

**Key words:** Urban system; Physical urban area; Radarsat remote sensing; Huang-Huai-Hai Plain