

# 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

陈园园 李 宁 丁四保

(东北师范大学城市与环境科学学院, 吉林 长春 130024)

**摘要:**以辽中南城市群为例,通过经济联系强度模型、城市流模型和城市通达性模型,构建系列空间联系能力数理模型,定量分析辽中南城市群空间联系能力的空间分异特征。在此基础上构建了 SOM 神经网络分级模型,以评价辽中南城市群十个节点城市的空间联系能力。研究表明:① 沈阳的经济联系总量最大,沈阳与其他城市的经济联系强度和沈阳距其铁路距离呈 S 形曲线关系。② 依据城市流强度值的大小将辽中南城市群十个节点城市划分为高、中、低三个档次,大连的值最大,营口则显现出作为该城市群中部区域极点的潜力。③ 沈大高速公路集中了通达性处于前三位的三个城市,辽阳在城市通达性方面显现出显著的优势,四项通达性指标全位居第一。④ 从 SOM 神经网络的分级结果看,沈阳都作为独立的一级,表明沈阳的空间联系能力最强,体现了其中心性的地位。

**关 键 词:**辽中南城市群; 空间联系能力; 通达性; SOM 神经网络

**中图分类号:** F293.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2011)12-4461-07

区域间人流、物流、资金流、技术流、信息流等各要素跨界自由流动日益频繁化和巨量化,推动着区域社会经济的发展及其空间结构的演变,城市群空间联系更为活跃,呈现出网络化联系的特点。国内外对空间联系的研究从联系现状的静态描述转向联系过程的动态解析,从空间联系理论的定性思辨转向定量模型的应用<sup>[1~6]</sup>。研究内容多以区际联系为主,且主要集中在某一城市与所在区域或者全国的联系上<sup>[2~4]</sup>。研究方法基本上从交通运输联系、客货流联系、空间通达性等方面着手,将所获得的大量数据代入空间联系模型中进行量化分析<sup>[1~3]</sup>。本文将城市群空间联系界定为城市群内部各城市之间的联系以及城市群作为一个整体与群外区域之间的联系,以辽中南城市群为例研究群内部节点的空间联系能力。

## 1 研究区与研究方法

### 1.1 研究区介绍与数据获取

基于生态区域完整、行政区划完整、经济联系等划分原则,本文将辽中南城市群的范围界定为沈阳市、鞍山市、抚顺市、本溪市、营口市、辽阳市、

铁岭市、盘锦市、丹东市、大连市 10 个地级市及其所辖市县。

各城市市区非农人口和市区 GDP 数据来自《中国城市统计年鉴(2007)》<sup>[7]</sup>;铁路空间距离和铁路时间距离来源于中国列车车次网络查询系统<sup>[8]</sup>;公路距离来源于《中国公路里程地图册》<sup>[9]</sup>和《中国公路里程与空车配货指南》<sup>[10]</sup>。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 经济联系强度模型

区域经济联系研究起源于地理学早期对于不均衡地分布于地球表面的各种现象间功能联系的兴趣和社会经济发展的需要。地理学家对牛顿力学引力模型的引用,最早起源于赖利(Reilly)1929年提出的“零售引力定律”<sup>[6]</sup>。20世纪90年代以来,国内一些学者在对区域经济联系的定量研究中,也广泛应用了空间相互作用的引力模型<sup>[2~4]</sup>。根据已有的研究成果,本文确定的经济联系强度模型如下:

$$R_{ij} = (\sqrt{P_i G_i} \times \sqrt{P_j G_j}) / D_{ij}^2 \quad (1)$$

式(1)中,  $R_{ij}$  为两城市经济联系强度(亿元·万人/ $\text{km}^2$ );  $P_i$ 、 $P_j$  为两城市市区非农业人口数(万人);

收稿日期:2010-11-23; 修订日期:2011-05-20

基金项目:“东师学者”青年学术骨干培养计划项目(120401042)资助。

作者简介:陈园园(1985-),女,山西晋中人,硕士,主要从事城市经济学研究。E-mail: chenyy684@nenu.edu.cn

$G_i, G_j$  为两城市市区的 GDP(亿元);  $D_{ij}$  为两城市间的距离(km), 本文选用客流量最大的铁路运营里程, 若无直达列车, 则采用经过一次中转的最短铁路运营里程。

### 1.2.2 城市流模型

城市流是指在城市群区域城市间人流、物流、信息流、资金流、技术流等空间流在城市群区域所发生的频繁、双向或多向流动的现象。城市流强度是指在城市群区域城市间的联系中城市外向功能所产生的影响量, 公式如下:

$$F = N \cdot E$$

式中  $F$  为城市流强度,  $N$  为城市功能效益, 即各城市间单位外向功能量所产生的实际影响,  $E$  为城市外向功能量<sup>[5]</sup>。考虑到指标的可获取性以及代表性, 选择城市市区从业人员为  $E$  的度量指标, 则城市是否具有外向功能量  $E$ , 主要取决于其某一部门从业人员的区位商, 区位商又称专门化率,  $i$  城市  $j$  部门从业人员区位商  $LQ_{ij}$  公式为:

$$LQ_{ij} = \frac{G_{ij}/G_i}{G_j/G} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, k; j = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

式(2)中  $G_{ij}$  为  $i$  城市  $j$  部门市区从业人员数量;  $G_i$  为  $i$  城市市区从业人员数量;  $G_j$  为全国  $j$  部门市区从业人员数量;  $G$  为全国市区总从业人员数量,  $k$ 、 $m$  分别为城市总数和部门数量。若  $LQ_{ij} > 1$ , 则  $i$  城市  $j$  部门存在着外向功能量, 反之亦然。

$i$  城市  $j$  部门的外向功能量  $E_{ij}$  为:

$$E_{ij} = G_{ij} - G_i (G_j/G) \quad (3)$$

$i$  城市的  $m$  个部门总的外向功能量  $E_i$  为:

$$E_i = \sum_{j=1}^m E_{ij} \quad (4)$$

$i$  城市的功能效率  $N_i$  用从业人员的人均 GDP 为:

$$N_i = GDP_i/G_i \quad (5)$$

$i$  城市的城市流强度  $F_i$  为:

$$F_i = N_i \cdot E_i = (GDP_i/G_i) \cdot E_i \quad (6)$$

### 1.2.3 城市通达性模型

交通运输网络是城市群相互作用的物质基础和必要前提, 其通达性的优良与否决定着城市之间物质流、能量流和信息流的通畅程度。此网络的通达性计量分析已成为热点, 思路是将交通网络抽象成几何网络或拓扑网络, 从空间阻隔(如距离度量法)、空间作用(如重力度量法, 以 Hanse 潜能模型

和 Shen 供需势能模型为代表)、空间连接(如拓扑度量)等方向进行通达性评估<sup>[5, 11]</sup>, 近年一些学者运用 GIS 和图论思想中的空间句法来分析拓扑网络的连接性特征<sup>[12-14]</sup>。本文从交通联系的角度出发, 运用空间距离模型、时间距离模型、拓扑网络连接模型三方面由空间到时间再到拓扑, 系统揭示城市群的路网通达性特征, 进而研究城市群节点城市的空间通达性。

#### 1) 空间距离模型

空间距离指标指区域内网络中某一节点到其他所有节点距离的总和。该指标主要由节点的空间区位决定。本文借鉴金凤君的距离模型<sup>[5]</sup>, 从公路和铁路两方面对这一指标进行刻画, 该模型为:

$$A_i = \sum_{j=1}^n L_{ij} \alpha_i = \frac{A_i}{\sum A_i/n} \quad (7)$$

式(7)中  $A_i$  为  $i$  城市基于空间距离的通达性值,  $n$  为节点数,  $L_{ij}$  是从  $i$  点到  $j$  点的空间距离。

#### 2) 时间距离模型

时间距离指标指区域内网络中某一节点到其他所有节点运行时间的总和。本文从公路和铁路两方面对这一指标进行刻画, 该模型为:

$$A_i = \sum_{j=1}^n L_{ij}/V_{ij} \alpha_i = \frac{A_i}{\sum A_i/n} \quad (8)$$

式(8)中  $A_i$  为  $i$  城市基于时间距离的通达性值,  $V_{ij}$  是从  $i$  点到  $j$  点的平均行车速度,  $\alpha_i$  为  $i$  城市的通达性指数。基于空间和时间距离的通达性指数  $\alpha_i$  越小, 说明该城市节点与网络中其他城市节点的联系越容易, 通达性越好,  $\alpha_i < 1$ , 说明该节点通达性优于网络通达性平均水平; 反之亦然。

#### 3) 拓扑度量模型

拓扑度量是借鉴图论思想, 将整个研究区域的实体路网抽象成图, 只考虑节点间的连接特征, 不考虑实际距离。定义连接两节点的具有最少线段数的路径为最短路径, 所包含的线段数即为这两点的拓扑距离, 即相对通达性; 一个节点到其它所有节点的相对通达性的平均值为该节点的通达性指数, 以衡量网络节点间的联通程度<sup>[8]</sup>。其值越小, 通达性越优, 反之亦然。

## 2 结果与分析

### 2.1 城市群经济联系强度

根据公式(1)计算获得辽中南城市群经济联

系强度(表 1)。沈阳作为辽宁的省会,其经济联系总量居首位,大连为沈阳的 5.5%,丹东为沈阳的 1.4%。根据表 1 和表 2 经过 SPSS 非线性拟合得

出这 10 个城市的经济联系总量( $Y$ )与该城市到其他 9 个城市的铁路距离总和( $X$ )呈 S 形曲线,方程为  $Y = e^{-0.461 + 7398.045/x}$  ( $R^2 = 0.799$ )。

表 1 2007 年辽中南城市群城市间经济联系强度和铁路距离 [(亿元·万人)/ $\text{km}^2$ ]

Table 1 Intensity of economic contact between cities of Central and Southern Liaoning Urban Agglomerations in 2007

(Unit:  $10^8$  yuan (RMB)  $\times 10^4$  persons/ $\text{km}^2$ )

|        | 沈阳      | 大连    | 鞍山     | 抚顺     | 本溪    | 丹东   | 营口    | 辽阳     | 盘锦    | 铁岭    |
|--------|---------|-------|--------|--------|-------|------|-------|--------|-------|-------|
| 沈阳     | 0       | 5.26  | 48.35  | 93.92  | 27.23 | 1.56 | 5.22  | 35.22  | 6.83  | 14.69 |
| 大连     | 5.26    | 0     | 2.81   | 0.89   | 0.83  | 0.24 | 1.69  | 0.90   | 0.92  | 0.21  |
| 鞍山     | 48.35   | 2.81  | 0      | 4.41   | 3.48  | 0.33 | 6.63  | 74.05  | 4.07  | 0.84  |
| 抚顺     | 93.92   | 0.89  | 4.41   | 0      | 2.38  | 0.24 | 0.70  | 2.49   | 0.69  | 0.77  |
| 本溪     | 27.23   | 0.83  | 3.48   | 2.38   | 0     | 0.52 | 0.41  | 1.99   | 0.31  | 0.45  |
| 丹东     | 1.56    | 0.24  | 0.33   | 0.24   | 0.52  | 0    | 0.12  | 0.15   | 0.07  | 0.11  |
| 营口     | 5.22    | 1.69  | 6.63   | 0.70   | 0.41  | 0.12 | 0     | 1.53   | 1.32  | 0.15  |
| 辽阳     | 35.22   | 0.90  | 74.05  | 2.49   | 1.99  | 0.15 | 1.53  | 0      | 1.03  | 0.44  |
| 盘锦     | 6.83    | 0.92  | 4.07   | 0.69   | 0.31  | 0.07 | 1.32  | 1.03   | 0     | 0.15  |
| 铁岭     | 14.69   | 0.21  | 0.84   | 0.77   | 0.45  | 0.11 | 0.15  | 0.44   | 0.15  | 0     |
| 经济联系总量 | 238.208 | 13.75 | 144.97 | 106.49 | 37.60 | 3.34 | 17.77 | 117.80 | 15.39 | 17.81 |

表 2 2007 年辽中南城市群各城市间的铁路距离 (km)

Table 2 Railway distance among cities of Central and Southern Liaoning Urban Agglomerations in 2007 (km)

|              | 沈阳   | 大连   | 鞍山   | 抚顺   | 本溪   | 丹东   | 营口   | 辽阳   | 盘锦   | 铁岭   |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 与沈阳的铁路距离     | 0    | 397  | 89   | 52   | 84   | 277  | 179  | 64   | 154  | 67   |
| 与其他城市的铁路距离总和 | 1363 | 3557 | 1394 | 1782 | 1749 | 3152 | 1884 | 1344 | 2125 | 1858 |

注: 其中营口到丹东、营口到盘锦的距离为经过一次中转的最短铁路运营里程。

由于地域经济的缘故,沈阳与其他九个城市的经济联系强度形成了以沈阳为中心,向外呈辐射状的圈层构造。根据表 1 和表 2 经 SPSS 非线性拟合得出沈阳与其他城市的经济联系强度  $Y$  和沈阳距其的铁路距离  $X$  呈 S 形曲线,其方程为  $Y = e^{0.636 + 196.685/x}$  ( $R^2 = 0.775$ )。沈阳与距其 100 km 范围内的城市经济联系强度大,并随着距离的增大而减小,依次是抚顺、鞍山、辽阳、本溪、铁岭。而与距其 100 km 之外的营口、盘锦、大连、丹东四座城市

的经济联系强度则均处于较低水平,沈阳与丹东的经济联系最低,仅为 1.56 (亿元·万人)/ $\text{km}^2$ ,只相当于沈阳和抚顺的 1.7%。

## 2.2 城市群区域城市流分析

本文城市流强度测度指标选取了二、三产业中除了专业化职能特强的采掘业以外的 17 个产业部门。根据公式(2)判定这 10 个城市存在外向功能量的部门,再根据公式(3)~(6)得出 2007 年辽中南城市群各城市的城市流强度(表 3)。

表 3 2007 年辽中南城市群各城市总外向功能量和城市流强度

Table 3 Total extrovert energy and intensity of urban flow of Central and Southern Liaoning Urban Agglomerations in 2007

| 城市 | 总外向功能量(万人) | GDP(亿元)   | 从业人员(万人) | 从业人员人均 GDP(元/人) | 城市流强度(亿元) |
|----|------------|-----------|----------|-----------------|-----------|
| 沈阳 | 10.31      | 2875.2888 | 92.87    | 309603.6        | 319.17    |
| 大连 | 12.41      | 2258.7858 | 75.11    | 300730.4        | 373.30    |
| 鞍山 | 5.34       | 944.8580  | 31.08    | 304008.4        | 162.19    |
| 抚顺 | 1.65       | 429.6407  | 24.25    | 177171.4        | 29.15     |
| 本溪 | 2.61       | 367.1809  | 21.56    | 170306.5        | 44.45     |
| 丹东 | 0.96       | 201.1328  | 12.31    | 163389.8        | 15.75     |
| 营口 | 2.04       | 344.1216  | 12.97    | 265321.2        | 54.07     |
| 辽阳 | 2.02       | 287.7122  | 13.8     | 208487.1        | 42.18     |
| 盘锦 | 2.78       | 407.3935  | 25.47    | 159950.3        | 44.53     |
| 铁岭 | 2.24       | 100.7206  | 7.27     | 138542.8        | 31.09     |

由表 3 可得辽中南城市群的总外向功能量  $E$  超过 10 万人的有两座城市沈阳和大连,且远远高于其他城市,这充分说明辽中南城市群是以沈阳、大连为双核心的经济地域。鞍山的外向功能量高于其他 7 座城市,说明鞍山相对于其他资源型城市发展较好,产业结构相对合理。而抚顺和丹东均未达到 2,说明在整个区域中,两市处于相对弱势地位,城市综合服务功能较弱。

一个城市的城市流强度  $F$  反映着与外界联系的紧疏程度,值越大表明与外界的联系越紧密,反之越松散。从表 3 可以看出各城市城市流强度大小相差十分悬殊,依据城市流强度值  $F$  的大小可以将辽中南城市群的中心城市划分为高、中、低三个档次:沈阳、大连、鞍山为高档( $F > 100$  亿元);本溪、营口、辽阳、盘锦为中档( $100$  亿元  $> F > 40$  亿元);铁岭、抚顺、丹东为低档( $F < 40$  亿元)。中档城市流强度城市中,营口的城市流位居第一,显现出作为该城市群中部区域新极点的潜力,这主要由于营口的几大行业的发展较快。处于低档城市流强度的城市抚顺、铁岭、丹东的城市流强度均不足 32 亿元,由此判定尽管辽中南城市群城市众多、城镇密集,但一些以矿产资源为主导的城市的城市流强度值较低,空间联系能力较弱。抚顺作为一座特大城市,其城市流强度值仅为 29.15 亿元,远远低于该城市群的城市流强度的平均值(111.59 亿元),这由于正面临着资源日趋枯竭和接续产业尚未形成规模的困境。这表明一个城市的城市流强度与其城市规模并非总是呈现正相关关系。

### 2.3 城市通达性

该模型选用两城市间一日内客流量最大的铁路运营里程作为其铁路空间距离,一日内所有车次运营时间(舍弃异常大值)的平均值为铁路时间距离,若无直达车次,则选用经过一次中转所用的最短距离和最短时间;选两城市间的最短公路距离为其公路空间距离;依据辽宁中南部不同等级公路网络的行车速度差异,将  $V_{ij}$  分为 100 km/h(高速公路)、80 km/h(国道)、60 km/h(省道)三个等级<sup>[8]</sup>,基于找到两城市间的最短公路线路,将其实际距离换算成时间距离,据此,可获得辽中南城市群交通网络图(图 1)。

沈阳基于铁路空间、时间距离的通达性分别为 0.674 和 0.583,依次位于第二位和第一位。沈阳作为东北地区最大的铁路枢纽,已经成为东北最大



图 1 辽中南城市群交通网络

Fig. 1 Transportation network of Central and Southern Liaoning Urban Agglomerations

的铁路客货运输枢纽。大连、丹东、盘锦基于铁路空间距离通达性低于区域通达性平均水平;大连、丹东、营口基于铁路时间距离通达性劣于该区域平均水平。丹东基于铁路时间距离通达性最差,其值高达 1.765,主要是由于其偏于一隅又相对闭塞的地理位置,仅有一条铁路通往该城市,到达营口还需中转。

基于上述模型和相关数据,得出了辽中南城市群 10 个城市的城市通达性(表 4)。

辽中南城市群公路主要以沈阳为中心,通往其他九个城市的高速、国道和省道与区内主要城市构成便捷的空间交通网络。10 个城市基于公路空间、时间距离通达性优劣排序相一致。辽阳和鞍山由于其较好的区位条件,通过沈大高速和完善的省道可以与其他城市相联系,与其他城市的平均距离也比沈阳近,故基于公路空间和时间距离的通达性均居前两位。沈阳自身交通条件很好,但与其他城市距离相比辽阳、鞍山远,因此时空通达性均居第三位。抚顺、盘锦、铁岭、丹东、大连分列后五位,与其区位条件是分不开的。

表 4 辽中南城市群路网空间距离、时间距离和拓扑通达性

Table 4 Spatial and temporal distances , and topology accessibility of road network of Central and Southern Liaoning Urban Agglomerations

| 城市 | 空间距离          |           |               |           | 时间距离           |           |                |           | 拓扑连接关系       |           |
|----|---------------|-----------|---------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|--------------|-----------|
|    | 铁路距离          |           | 公路距离          |           | 铁路距离           |           | 公路距离           |           | 拓扑连接关系       |           |
|    | 通达性值<br>( km) | 通达性<br>指数 | 通达性值<br>( km) | 通达性<br>指数 | 通达性值<br>( min) | 通达性<br>指数 | 通达性值<br>( min) | 通达性<br>指数 | 通达性值<br>( 条) | 通达性<br>指数 |
| 沈阳 | 1363          | 0.674     | 1396          | 0.754     | 1205           | 0.583     | 1070           | 0.722     | 84           | 9.3       |
| 大连 | 3557          | 1.760     | 3356          | 1.812     | 3187           | 1.542     | 2561           | 1.728     | 245          | 27.2      |
| 鞍山 | 1394          | 0.690     | 1320          | 0.713     | 1343           | 0.649     | 1062           | 0.717     | 82           | 9.1       |
| 抚顺 | 1782          | 0.882     | 1713          | 0.925     | 1816           | 0.879     | 1431           | 0.966     | 102          | 11.3      |
| 本溪 | 1749          | 0.865     | 1403          | 0.757     | 1793           | 0.868     | 1204           | 0.813     | 90           | 10.0      |
| 丹东 | 3152          | 1.559     | 2753          | 1.487     | 3647           | 1.765     | 2110           | 1.424     | 153          | 17.0      |
| 营口 | 1884          | 0.932     | 1684          | 0.909     | 2494           | 1.207     | 1419           | 0.958     | 101          | 11.2      |
| 辽阳 | 1344          | 0.665     | 1206          | 0.651     | 1320           | 0.639     | 1053           | 0.711     | 80           | 8.9       |
| 盘锦 | 2125          | 1.051     | 1790          | 0.966     | 2043           | 0.989     | 1435           | 0.968     | 97           | 10.8      |
| 铁岭 | 1858          | 0.919     | 1899          | 1.025     | 1816           | 0.879     | 1473           | 0.994     | 114          | 12.7      |

拓扑连接关系与高等级公路局具有高度相关性和耦合性。高速公路建设明显提高了辽中南城际联系的通达性水平,主要表现在沈大高速公路形成了一个拓扑通达性水平较高的南北向交通走廊,集中了通达性指数前三位城市节点(辽阳、鞍山、沈阳);位于 305 国道沿线路上的营口、盘锦也保持较高通达性水平,分别位居第五、六位;丹东、铁岭、大连位居末三位,这主要是由于它们处于该区域的边缘,到达其他城市所路过的城镇节点数量较多。

### 3 辽中南城市群 SOM 神经网络模型

#### 3.1 建立辽中南城市群的 SOM 网络模型

##### 3.1.1 指标数据的处理

本文选取经济联系总量  $X_1$ 、城市流强  $X_2$ 、基于铁路和公路空间距离的通达性指数  $X_3$  和  $X_4$ 、基于铁路和公路时间距离的通达性指数  $X_5$  和  $X_6$ 、基于拓扑连接关系的通达性指数  $X_7$  这 7 个指标作为基于空间联系能力的城市分类指标,由于这 7 个指标具有不同的单位和量纲,因此需对指标数据进行标准化处理,本文采用标准差标准化。

##### 3.1.2 建立 SOM 分类网络模型

运用 Matlab7.8 的神经网络工具箱建立 SOM 网络模型。将辽中南 10 个城市的 7 个标准化后的指标值导入 SOM 网络中,作为网络的输入模式  $p^k$  ( $p_1^k, p_2^k, \dots, p_7^k$ ) 因此输入层的神经元个数是 7。由于分类样本数仅为 10 个,所以采用了竞争层的结构为  $6 \times 4$ ,即 4 行 6 列,网络训练的迭代最大次数为 300 次,1~300 依次作为为网络训练次数。初始的学习效率为 0.5,其他参数选取默认值,最

终分级结果采用该种分级出现的最大训练次数对应的分级方法,聚类结果见图 2。

#### 3.2 结果分析

由图 2 可知,当训练步数为 20 时,10 个城市被初步分为三级,当训练步数增至 90 时,每个城市被划分为一级,这种分级结果更加细化,当训练步数继续增大直至 300 时,同样地每个样本都被划分为一级,这时如果继续提高训练步数,已经没有实际意义了。从不同的分级(除分成三级外)结果看,均把沈阳作为独立的一级,其空间联系能力最强。考虑到辽中南城市数目,过粗或过细的划分均不适宜,显然,分成四级的分级结果较合适,第一级为 1(沈阳);第二级为 3(鞍山)、8(辽阳);第三级为 4(抚顺)、5(本溪)、7(营口)、9(盘锦)、10(铁岭);第四级为 2(大连)、6(丹东)。

### 4 结 论

本文通过构建经济联系强度模型、城市流模型和城市通达性模型三大模型,定量地分析了辽中南城市群空间联系能力的空间分异特征。基于三大模型中的 7 项反映城市空间联系能力的指标,应用 SOM 神经网络将辽中南城市进行了分类研究。由于本文衡量城市的空间联系能力采用的经济联系强度模型、城市流模型和城市通达性模型均以城市间的实际距离为重要影响因子,因此本文是从空间距离这一角度得出城市空间联系能力的分级结果,大连位于第四级主要由于地处该城市群的最南部,远离城市群几何中心,与其他九个城市的空间距离均较大造成的。若读者采用不同的测度模型分类

| 训练步数 | 类别数 | 样本编号           | 训练步数 | 类别数 | 样本编号           | 训练步数 | 类别数 | 样本编号           | 训练步数   | 类别数 | 样本编号           |  |
|------|-----|----------------|------|-----|----------------|------|-----|----------------|--------|-----|----------------|--|
| 20   | 三   | 1, 3, 8        | 30   | 四   | 1              | 48   | 五   | 1              | 65     | 六   | 1              |  |
|      |     |                |      |     | 3, 8           |      |     | 2              |        |     | 3              |  |
|      |     | 4, 5, 7, 9, 10 |      |     | 4, 5, 7, 9, 10 |      |     | 3, 8           |        |     | 4, 5, 7, 9, 10 |  |
|      |     |                |      |     | 4, 5, 7, 9, 10 |      |     | 4, 5, 7, 9, 10 |        |     | 6              |  |
|      |     | 2, 6           |      |     | 2, 6           |      |     | 6              |        |     | 8              |  |
|      |     |                |      |     |                |      |     |                |        | 2   |                |  |
| 79   | 七   | 1              | 82   | 八   | 1              | 85   | 九   | 1              | 90~300 | 十   | 1              |  |
|      |     | 2              |      |     | 2              |      |     | 2              |        |     | 2              |  |
|      |     | 3              |      |     | 3              |      |     | 3              |        |     | 3              |  |
|      |     | 4, 5           |      |     | 4              |      |     | 4              |        |     | 4              |  |
|      |     | 6              |      |     | 5              |      |     | 5              |        |     | 5              |  |
|      |     | 8              |      |     | 6              |      |     | 6              |        |     | 6              |  |
|      |     | 7, 9, 10       |      |     | 7, 9, 10       |      |     | 7, 9           |        |     | 7              |  |
|      |     |                |      |     |                |      |     |                |        |     | 8              |  |
|      |     |                |      |     |                |      |     |                |        |     | 9              |  |
|      |     |                |      |     |                |      |     |                |        |     | 10             |  |
|      |     |                |      |     |                |      |     | 8              |        |     |                |  |

样本编号 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10 依次代表沈阳、大连、鞍山、抚顺、本溪、丹东、营口、辽阳、盘锦、铁岭

图 2 SOM 神经网络不同训练步数下的辽中南城市群分类结果

Fig.2 Classification of Central and Southern Liaoning Urban Agglomerations in different trainings of SOM network

结果可能有所不同。

参考文献：

[1] 中国城市规划设计研究院课题组. 陇海－兰州地带城镇发展研究[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994: 299～315.

[2] 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.

[3] 牛慧恩, 孟庆民. 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.

[4] 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定及分析[J]. 经济地理, 2001, 21(1): 33～37.

[5] 金凤君, 王姣娥. 20 世纪中国铁路网扩展及其空间通达性[J]. 地理学报, 2004, 59(2): 293～302.

[6] Reilly W J. Methods for the study of retail relationships [J]. University of Texas Bulletin, 1929 (2944): 1～9.

[7] 中国国家统计局. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出

版社, 2008.

[8] 中国铁道部运输局. 中国铁路时刻网[OL]. <http://www.shike.org.cn/>. 2010-06-10.

[9] 西安地图出版社. 中国公路里程地图册[M]. 西安: 西安地图出版社, 2007.

[10] 山东省地图出版社. 中国公路里程与空车配货指南[M]. 济南: 山东省地图出版社, 2008.

[11] 曹小曙, 阎小培. 经济发达地区交通网络演化对通达性空间格局的影响——以广东省东莞市为例[J]. 地理研究, 2003, 22(3): 305～313.

[12] 刘承良, 余瑞林, 熊剑平, 等. 武汉都市圈路网空间通达性分析[J]. 地理学报, 2009, 64(12): 1488～1498.

[13] 陈洁, 陆锋, 程昌秀. 可达性度量方法及应用研究进展评述[J]. 地理科学进展, 2007, 26(5): 100～110.

[14] 程昌秀, 张文尝, 陈洁, 等. 基于空间句法的地铁可达性评价分析: 以 2008 年北京地铁规划图为例[J]. 地理信息科学, 2007, 9(6): 31～35.

## Spatial Combination Capacity and Classification Based On SOM Network of Urban Agglomerations: A case study of Central and Southern Liaoning Urban Agglomerations

CHEN Yuan-yuan ,LI Ning ,DING Si-bao

( College of Urban and Environmental Sciences ,Northeast Normal University ,Changchun ,Jilin 130024 ,China)

**Abstract:** Against the backdrop of pacing up economic globalization and regional economic integration ,the international elements flow more freely and frequently ,such as flow of labor ,material ,funds ,technology and information. The tends promote the development of regional society and economy along with the evolution of urban spatial structure ,and make the spatial combination among urban agglomerations act more alive with a character of net connection. As the suburbanization develops ,spatial diffusion gradually turns into a new study field. The spatial association of urban agglomerations is an abstract concept ,which we defined it not only a connection among cities of urban agglomerations but also a connection among urban agglomerations as a whole and outside regions. By applying the economic relation intensity model ,urban flow model and urban accessibility model ,this article constructs a series of spatial combination capacity model and analyzes the spatial differentiation characteristics of spatial combination capacity taking the mid-southern Liaoning Urban agglomerations as an example. Based on the analysis ,the SOM neural network grading model is built to evaluate the spatial combination capacity of the ten node cities. The results shows that: 1) Shenyang has the largest total economic linkage. The relationship between economic relation intensity of Shenyang and other cities ,and the distance of railway among them presents the "S" curve. 2) According to the value of urban flow intensity ,the ten node cities are divided into three sorts—high ,middle and low. Dalian's value is the highest and Yingkou shows its potential as the center in the middle part of city group. 3) The accessibility of the top three cities is high along the Shenyang-Dalian Highway. 4) The classification result of SOM neural network indicates that Shenyang has the strongest spatial combination capacity and it shows the centrality as a solely class.

**Key words:** Central and Southern Liaoning Urban Agglomerations; spatial combination capacity; accessibility; SOM neural network