

# 基于遥感数据 SOFM 网络分类的五种城市 增长方式鉴别方法应用研究

戴 芹<sup>1</sup> 陈 雪<sup>1,2</sup> 马建文<sup>1</sup> 冯 春<sup>3</sup>

(1 中国科学院遥感应用研究所,北京市朝阳区大屯路 9718 信箱, 100101)

(2 北京师范大学地理与遥感学院,北京市新街口外大街 19 号,100875)

(3 中国地质大学国土资源与高新技术研究中心,北京市海淀区学院路 29 号,100083)

**摘 要:**使用了自主研发的自组织神经网络分类(SOFM)方法<sup>[1~3]</sup>,选择了 1988、1994、2001 和 2003 年 5~6 月份 TM<sup>+</sup> 时间序列多光谱遥感数据,对北京城市增长方式进行了 30 m 分辨率遥感时序数据的鉴别,包括填充式增长方式、扩张式增长方式、独立式增长方式、线状式增长方式和簇状增长方式,并绘制了三个时期的城市增长图。在此基础上,根据北京城市增长环线驱动的特点,分别对四环内、四环至五环、五环至六环 1988~1994 年、1994~2001 年、2001~2003 年的 5 种城市扩展方式面积进行了统计。  
**关键词:**神经网络分类;城市五种增长方式鉴别模型;城市环线增长面积统计  
**中图法分类号:**TP751;P237.4;P237.9

近年来,我国的城市化成为世界城市化的重要推进器,进入了加速阶段,成为全世界关注的热点问题。从城市发展过程来看,不同的城市有着不同的城市扩展空间形态,空间形态改变过程可以很好地揭示城市发展动力和趋势,已经成为当今利用空间数据研究城市增长方式的热点之一。Wickham、Wilson 建立了城市化地理空间模型,对城市扩展的空间形态进行了定量研究与分析,该方法提供了一种新的城市化分析工具。

## 1 研究方法和数据处理

### 1.1 研究区域的确定及数据购置

本研究区域的范围主要为北京市六环以内的地区,北纬 39°38′~40°11′,东经 116°10′~116°53′。为了能够对研究区域做到长期稳定地监测,需要保证数据的一致性,为此,本研究主要购置了美国陆地卫星轨道号为 123/32,1988 年、1994 年、2001 年、2003 年 5~6 月份图像,这 4 幅图像季相较为一致,质量较好,无云。子区大小为 2 020 像元×2 000 像元,图像覆盖范围主要为六

环外大约为 200 个像元以内的地区。采用了 2001 年奥运主场馆航空照片(北纬 40°0′5″~40°2′5″,东经 116°20′20″~116°25′20″)和 2003 年北京市奥运规划区比例尺为 1:1 万彩红外航空照片(北纬 39°7′53″~40°13′40″,东经 116°9′40″~116°21′35″)为训练区对照参考数据和分类后验证数据。

### 1.2 遥感图像预处理、分类及其验证

1) 标准辐射归一化处理<sup>[4]</sup>。为了去除不同年份的影像间由非地表因素引起的辐射差异,在不同年份的影像中,选择 16 个时序过程的稳定点采集数据,如老的机场、广场、湖泊、古建筑屋顶等。采用标准辐射归一化方法剔除方差大的像元点以获得最优的线性回归方程,分别对 4 幅图像进行了辐射归一化处理。其回归方程为:

$$(BV_{\text{Reference}})_i = a + b \times (BV_{\text{Normalized}})_i$$

式中, $a$  和  $b$  是线形回归的参数; $i$  是影像的波段数。

2) 几何纠正。对 2001 年图像根据 1:10 万地形图选取控制点进行纠正,控制点有一定的数量保证,而且均匀分布在整个研究区域内,精度在

1 个像元以内,其他年份的图像均以 2001 年纠正后的图像为参考图像,采用图像对图像匹配的方法进行了纠正。

3) 自组织神经网络分类<sup>[3]</sup>。由于传统的分类方法在进行 TM 数据分类时并不能够达到土地利用变化监测的精度要求,这就会大大影响变化检测的准确性。因此,本文采用了自组织神经网络分类方法,自组织神经网络是对输出层神经元施加了一个侧反馈邻域约束,因而使得输入的多维数据中的拓扑性质可以聚类到输出层神经元的权值上。在聚类过程中,不仅更新获胜神经元的权值,而且更新获胜神经元周围侧反馈邻域内所有神经元的权值,输入数据被划分成不相交的类别。网络训练结束后,还应用学习矢量量化(learning vector quantization, LVQ)网络方法细调网络的权值,使自组织神经网络达到高精度的分类结果。

4) 分类结果的验证。分类结果验证通过同时期航空图片比对和部分疑难点实地验证两种方式进行。选取同时期北京北部 1:1 万比例尺的航空图片,与同类地物比对,结果发现水体的识别精度达到 98%;农田和绿地精度达到 95%;道路和建筑出现三种情况,取决于建筑材料和道路绿荫遮盖程度:主要干线绿化比较充分的道路由于被树木遮挡而导致其分类结果表现为绿地;乡村路面有柏油路面、水泥路面和土路,导致部分城镇用地与道路用地交叉;由于农村的民居住宅和别墅小区屋顶材料有瓦、水泥+油毡之分,城市分类结果与影像中比较明亮的裸地有小部分交叉,但总体分类精度超过 90%。

1.3 北京 5 种城市发展方式的鉴别方法

北京五种城市发展方式鉴别方法的建立过程见图 1。

1) 数据准备。两个时相的土地利用覆盖数据,通过应用自组织神经网络将遥感数据分为城镇用地、农业用地、绿地、水体和其他用地。然后将 5 类土地利用数据进一步分为城镇用地、非城镇用地、水体三大类。在两个时期的土地利用图上,分别对每个非城镇用地的像元应用一个 5×5 移动窗口统计其周围的非城镇用地类型的比例(非城镇用地像元个数/所有除去水体的像元个数),根据该像元周围 5×5 窗口内的非城镇用地类型像元数的比例,再次将非城镇用地类型分为以下几种类型:内部非城镇用地、星点状非城镇用地、斑块状非城镇用地。其中内部非城镇用地类型是指该像元周围 5×5 窗口内的非城镇用地类

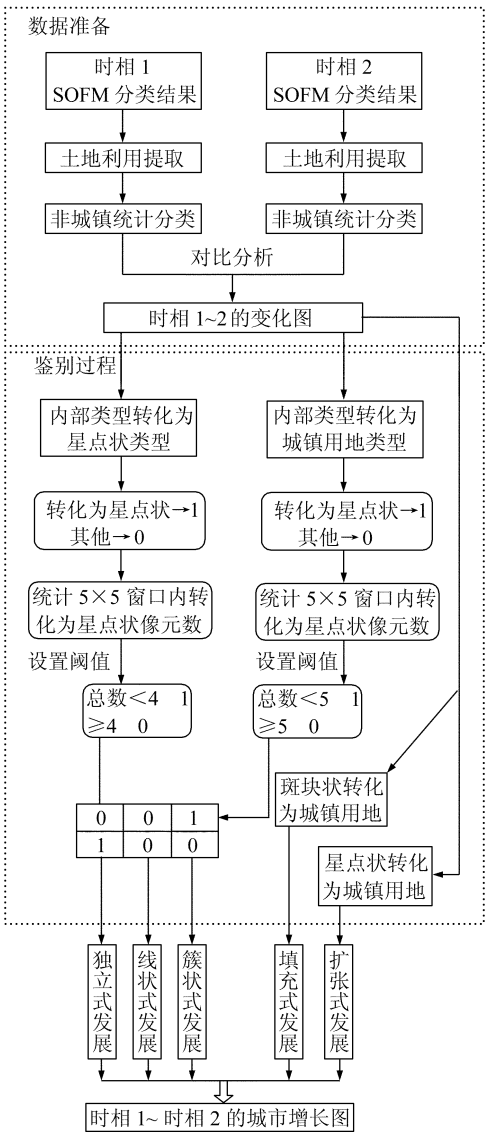


图 1 5 种城市发展方式的鉴别流程图  
Fig. 1 Flow Chart of Classifying the Five Forms of Urban Growths

型像元所占比例为 100%;星点状非城镇用地类型是该像元周围的 5×5 窗口内的非城镇用地类型像元所占比例在 60%~100%,斑块状非城镇用地类型是指该像元周围的 5×5 窗口内的非城镇用地类型像元所占比例小于 60%。最后再将两个时期的土地利用类型(水体、城镇用地、内部非城镇用地、星点状非城镇用地、斑块状非城镇用地)进行对比,得到两个时期的土地利用类型变化图。

2) 城市增长方式的鉴别过程。城市增长方式的鉴别是在两个时期城市变化图的基础上进行的。根据变化图可以鉴别出 5 种城市发展方式:填充式发展方式、扩张式发展方式、独立式发展方式、线状式发展方式、簇状发展方式。

填充式发展方式和扩张式发展方式可以通过

变化图直接得到(见表 1、表 2 所示)。当斑块状非城镇用地转化为城镇用地类型时为填充式;当星点状非城镇用地转化为城镇用地类型时为扩张式;当内部非城镇用地类型转化为城镇用地类型时为外缘发展方式。通过设定阈值将外缘发展方式进一步分为:独立式发展方式、线状式发展方式、簇状发展方式。阈值的设定是由遥感图像的空间分辨率确定的,本文中内部非城镇用地转化为星点状城镇用地的阈值设为 4,内部非城镇用地转化为城镇用地的阈值设为 5。同时独立式发展方式、线

状式发展方式、簇状发展方式遵循以下规则(表 2),即独立式发展方式是指在较少的内部非城镇类型转化为城镇类型和较多的内部非城镇类型转化为星点状非城镇类型。线状式发展方式是指较多的内部非城镇用地类型转化为星点状非城镇用地,内部非城镇用地类型转化为城镇用地类型比独立式发展方式多。簇状发展方式是指较少的内部非城镇用地类型转化为星点状非城镇用地,较多的内部非城镇用地类型转化为城镇用地类型。

表 1 不同的城市发展类型的描述  
Tab. 1 Descriptions of Different Urban Growth Classifications

变化类型	时相 1	时相 2	增长类型
内部非城镇类型转化为星点状非城镇类型	内部非城镇类型	星点状非城镇类型	未发展
内部非城镇类型转化为斑块状非城镇类型	内部非城镇类型	斑块状非城镇用地类型	未发展
斑块状非城镇类型转化为城镇用地	斑块状非城镇类型	城镇用地	填充式发展
星点状非城镇类型转化为城镇用地	星点状非城镇类型	城镇用地	扩张式发展
内部非城镇类型转化为城镇用地	内部非城镇类型	城镇用地	外缘式发展

表 2 将外缘式发展分为独立式发展、线状式发展、簇状式发展的规则

Tab. 2 A Summary of the Rules Used to Separate Outlying into Isolated, Linear Branch and Clustere

城市发展类型	城市发展类型的特征描述
独立式发展	较少的内部非城镇用地类型转化为城镇用地类型,较多的内部非城镇用地类型转化为星点状非城镇用地
线状式发展	较多的内部非城镇用地类型转化为星点状非城镇用地,内部非城镇用地类型转化为城镇用地类型比独立式发展方式多
簇状式发展	较少的内部非城镇用地类型转化为星点状非城镇用地,较多的内部非城镇用地类型转化为城镇用地类型

2 结果与分析

在北京市 1988~2003 年的 TM 图像自组织神经网络分类结果的基础上,依次按照上述 5 种城市发展的鉴别方法的步骤对分类结果图进行了逐步处理,最终获得了 1988~1994 年、1994~2001 年、2001~2003 年的 5 种城市扩展方式的分布情况,并分别绘制了城市增长图,图 2 表示的是 1994~2001 年的 5 种城市增长方式的扩展。

为了比较清晰地表达北京市不同环线间的城市增长方式,分别对北京市在 1988~1994 年、1994~2001 年、2001~2003 年沿环线的 5 种城市增长方式的面积进行了统计与分析(图 3)。图 3(a)显示了 1988~1994 年、1994~2001 年、2001~2003 年,北京市四环以内的城市增长方式主要以填充式发展方式为主,在 1988 年~1994 年填充式增长方式占四环内城市增长总面积的 78.6%;其次为扩张式发展方式,占四环内城市增

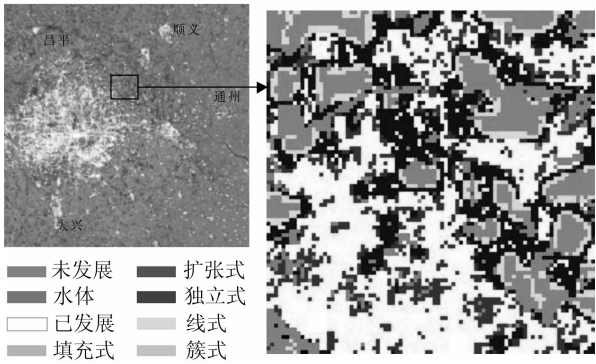


图 2 1994 年~2001 年 5 种城市增长方式  
Fig. 2 Five Forms of Urban Growth from 1994 to 2001

长总面积的 17.6%;而独立式发展方式、线状式发展方式、簇状发展方式面积很少。图 3(b)可以看出,北京市四环至五环之间在 1988~1994 年、1994~2001 年、2001~2003 年城市增长方式仍然以填充式发展方式为主,在 1994~2001 年期间,扩张式发展方式占的比例也有较大的增长,占四环至五环之间城市增长总面积的 37.5%;而外

缘式发展方式也比 1988 ~ 1994 年和 2001 ~ 2003 年期间有所增加,占四环至五环之间城市增长总面积的 23.1%,其中主要表现为线式和簇式发展方式。从图 3(c)可以看出,在 1988 ~ 1994 年、2001 ~ 2003 年期间,北京五环至六环之间的城市增长方式仍以填充式为主,其次表现为扩张式,但在 1994 ~ 2001 年,外缘式为主要的发展方式,它占城市增长面积的 39.4%,其中独立式占

1.6%,线状式占 16.2%,簇状式占 21.6%,而扩张式占 39.2%。从图 3(d)可以看出,北京市六环以外的城市增长方式主要也是填充式,占整个六环以外的城市增长面积 37.9%;但是扩张式发展方式也占有很大的比例,特别是在 1994 ~ 2001 年期间,扩张式占整个五环至六环之间的城市增长面积 36.6%;外缘式占比例最小,其中主要以线式和簇式发展方式为主。

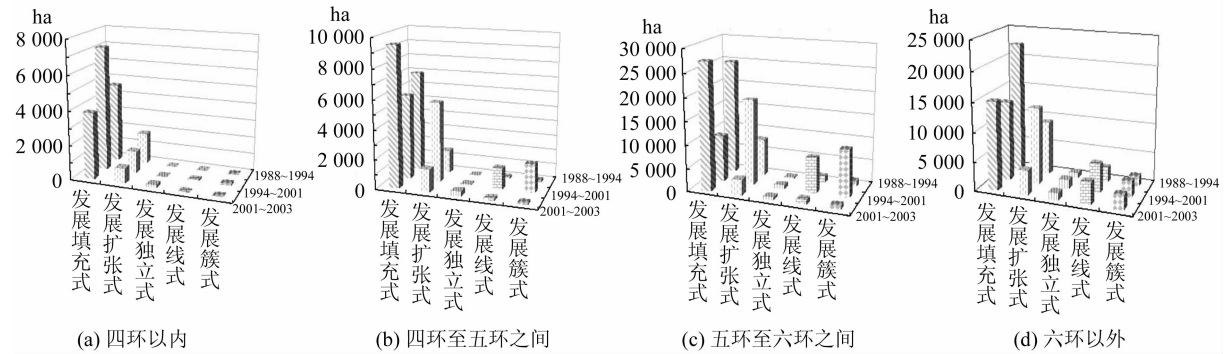


图 3 5 种城市增长方式的面积统计图  
Fig. 3 Five Forms of Urban Growth in Beijing Distributed by the Ring Road

3 结 语

本文是在 1994 年、2001 年、2003 年北京市遥感图像的自组织神经网络分类的基础上,应用五种城市增长方式鉴别方法,结合环线交通建设特点,对北京市的 1988~1994 年、1994~2001 年、2001~2003 年沿不同环线间的五种城市增长方式进行了统计。统计结果表明:北京市的不同环线间的城市发展均以填充式发展和扩张式发展为主,外缘式发展方式所占比例较小,但是在 1994 ~ 2001 年期间,北京市的四环至五环之间的城市增长却以外缘式发展方式为主要的发展方式,其中主要表现为线状发展方式和簇状发展方式。为了避免北京市的城市增长像“摊大饼式”沿不同环线向外蔓延,北京市的城市发展应当提倡立体填充式发展方式,来提高北京市的城市容积率。通过对北京市的城市增长方式的分析,说明了 5 种城市增长方式鉴别方法为研究城市增长的空间规律提供了一种系统的、能直观反映城市增长方式的一种有效的、切实可行的途径。

参 考 文 献

1 Ji C Y. Land-use Classification of Remotely Sensed Data Using Kohonen Self-organizing Feature Map

Neural Networks. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2000, 66(12): 1 451~1 460  
2 Ito Y, Omatu S. Extended LVQ Neural Network Approach to Land Cover Mapping. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 1999, 37: 313~317  
3 哈斯巴干. 基于小波融合的 ASTER 数据自组织特征映射神经网络分类研究. 中国科学(D 辑), 2003, 33(9): 895~902  
4 Joon H, Thomas W F. A Standardized Radiometric Normalization Method for Change Detection Using Remotely Sensed Image. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2002, 4(2): 173~181  
5 Goodchild. Spatially Integrated Social Science. International Regional Science Review, 2000, 23(2): 139~159  
6 Civco D L, Wilson E H, Arnold C L, et al. Quantifying and Describing Urbanizing Landscapes in the Northeast United States. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2002, 68(10): 1 083~1 090  
7 Wislon E H, James D H. Development of a Geospatial Model to Quantify, Describe and Map Urban Growth. Remote Sensing of Environment, 2003, 86: 275~285

第一作者简介:戴芹,博士生。主要研究方向为遥感数据模型与方法研究。  
E-mail: ycdaiqin@163.com

gion Relations. The 6th International Symposium on Spatial Data Handling, Edinburgh, Scotland, 1994

第一作者简介:杜世宏,博士生。主要从事 GIS 基础理论研究和相关应用开发。  
E-mail: dshgis@hotmail.com

Definitions of Natural-Language Spatial Relations in GIS

DU Shihong<sup>1</sup> WANG Qiao<sup>2</sup> LI Zhijiang<sup>3</sup>

(1 Institute of Remote Sensing Applications, CAS, 9718 Box, Datun Road, Beijing 100101, China)  
(2 Nanjing Normal University, 122 Ninghai Road, Nanjing 210097, China )  
(3 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** The detailed direction relations are proposed to describe the directions related to the interior of spatial objects, such as “east part of a polygon”, “east boundary of a polygon”, etc. Then this paper, integrates the detailed directions with exterior direction relations and topological relations and defines several NLSRs. Finally, based on the NLSRs, a natural spatial query language (NSQL) is formed to retrieve spatial data from spatial databases.  
**Key words:** topological relations; direction relations; detailed direction relations; natural-language spatial relations

About the first author: DU Shihong, Ph.D candidate,majors in GIS.  
E-mail: dshgis@hotmail.com

(责任编辑: 光远)

(上接第 528 页)

Analysis of Five Forms of Urban Expansion Identification Model Based on SOFM Classification Results of Remote Sensing Data

DAI Qin<sup>1</sup> CHEN Xue<sup>1, 2</sup> MA Jianwen<sup>1</sup> FENG Chun<sup>3</sup>

(1 Institute of Remote Sensing Applications, CAS, 9718 Box, Datun Road, Beijing 100101, China)  
(2 Department of Geography, Beijing Normal University, 19 Xijiekouwai Street, Beijing 100875, China)  
(3 Institute of Land Resources and High Techniques, China University of Geosciences, 29 Xueyuan Road, Beijing 100083, China)

**Abstract:** This paper applies the SOFM (self organized feature map of neural network) clas-sification software, and choose the Landsat temporal TM images in Mays or Junes of 1988, 1994, 2001 and 2003 and applies the five forms of urban expansion identification model con-sidering the ring roads. The results shows that infillment and expansion are the main forms in the three periods of urban growth process from 1988 to 2001, from 1994 to 2001 and from 2001 to 2003, while the linear branch and clustered branch are the main forms in the urban growth from 1994 to 2001 between the fifth and sixth ring roads.  
**Key words:** neural network classification; five forms of urban expansion identification model; statistics of urban ring expansion area

About the first author: DAI Qin, Ph.D candidate, majors in remote sensing data model and method.  
E-mail: ycdaiqin@163.com

(责任编辑: 晓晨)