

北京环线建设驱动的土地利用变化遥感检测与分析

戴芹¹, 马建文¹, 陈雪^{1,2}

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101;

2. 北京师范大学 遥感与地理信息系统研究中心, 北京 1000875)

摘要: 近年来,北京市的环线建设大大改进了北京的交通状况,促进了环线周边的商业发展和房地产开发的繁荣,同时也带来了环线周边地区的土地利用的变更。在“科技奥运”科技攻关项目和在研自然科学基金项目的支撑下,选择了1988,1994,2001和2003年5-6月份的TM数据,在影像经过几何校正和辐射归一化校正后对其应用高精度的自组织神经网络分类和利用高分辨率的航空照片验证;在分类数据和变更信息的基础上,采用了空间自相关分析模型、频率指数模型和潜力模型分别对北京各种用地类型的频率指数和建设用地的Moran系数和Geary系数,以及城市增长的潜力指数进行计算。一系列计算显示了环线驱动的北京市土地利用变化情况。结果表明:在环线建设的驱动下,北京市的建设用地围绕环线呈快速增长趋势;绿地面积在四环、五环的环线一带也呈增加趋势;城市增长潜力从四环到六环呈逐渐增大趋势。

关键词: 环线建设;神经网络分类;遥感变化检测;土地利用变化

中图分类号: TP79/F301.24

文献标识码: A

1 引言

北京交通的环线建设方案在实现缓解北京城市交通和疏导过境车辆发挥着重要作用,自2001年北京四环通车以来,北京市土地利用也随着发生了很大的变化,城市基础设施在这些区域迅速建成,高速路、轨道交通、环路等建成贯通,推动商业结构和房地产开发的变化和发展。北京市提出了“绿色奥运”,规划环线之间建设绿色隔离带^[1,2],届时北京奥运的亚运村场馆和五棵松场馆将在绿色的包围中。

由于城市地物较为复杂,所以利用ETM, SPOT等高分辨率遥感数据的城市土地利用分类与变化检测是一个难点,而分类的精度是土地利用变化检测分析的基础,研究中课题组开发了自组织神经网络(Self Organized Feature Map of Neural network, SOFM)分类方法^[3,4],分类结果与传统的统计分类方法相比,分类精度明显提高。

同时为了探索北京市环线建设驱动下的土地利

用变化规律,研究北京市土地利用变化的发展趋势,我们在土地利用分类结果的基础上应用了空间自相关分析、频率指数分析^[6]、城市发展潜力模型^[5]等分析方法对1988年-2003年北京市的土地利用变化进行了研究。结果显示了北京的城市建设重点正逐渐由城区转向郊区迅速发展的特点,发展趋势和频率与环线建设基本同步,初步得出环线建设带动土地利用变化的结论,同时说明北京中心十环线的发展模式会带来高峰时段的单向交通的拥堵。

2 研究方法和数据处理

2.1 研究区域的确定及数据采集

本研究区域的范围主要为北京市六环以内的地区,北纬 $39^{\circ}38' - 40^{\circ}11'$,东经 $116^{\circ}10' - 116^{\circ}53'$ 。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,为此本研究主要采用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,这四幅图像季相较于为

收稿日期: 2003-12-01; 修订日期: 2004-03-15

基金项目: 科技奥运国家攻关项目(2002BA904B07-2)和国家自然科学基金(项目编号:40371086)。

作者简介: 戴芹(1978-),女,江苏射阳人,中国科学院遥感应用研究所读博士研究生,研究方向:遥感数据模型与处理,已发表论文数篇。

一致,质量较好,无云。子区大小为 2020×2000 个像元,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(经纬度范围:北纬 $40^{\circ}0'05''-40^{\circ}02'05''$,东经 $116^{\circ}20'20''-116^{\circ}25'20''$)和 2003 年北京市奥运规划区比例尺为 1:10000 彩红外航空照片(经纬度范围:北纬 $39^{\circ}07'53''-40^{\circ}13'40''$,东经 $116^{\circ}09'40''-116^{\circ}21'35''$)作为选训练区对照参考数据和分类后

验证数据。

2.2 遥感图像预处理技术与方法

由于遥感数据接收年份的不同,因此在对其进行几何校正之前必须首先剔除大气影响。采用自组织神经网络分类方法对经过校正的影像数据进行分类处理,进一步提取研究区域城市土地利用变化信息。具体技术流程详见图 1。

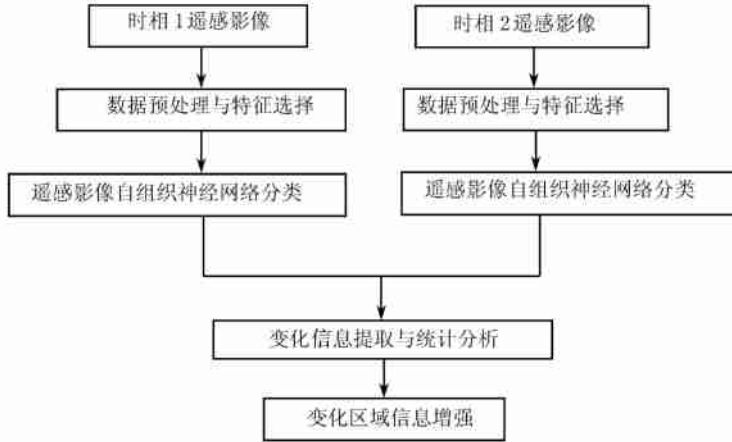


图 1 处理流程图

Fig. 1 Processing flow chart

标准辐射归一化处理^[6] 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,分别对四幅图像进行了辐射归一化处理。

$$\text{回归方程: } (BV_{\text{Reference}})_i = a + b \times (BV_{\text{Normalized}})_i \quad (1)$$

式中: a 和 b 是线性回归的参数; i 是影像的波段数。

几何纠正 首先对 2001 年图像根据 1:10 万地形图选取控制点进行纠正,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。

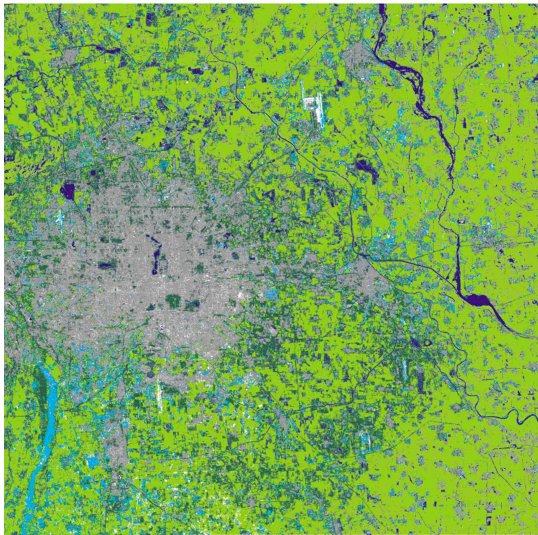
自组织神经网络分类^[3] 由于传统的自动分类方法在进行 TM 数据分类时并不能够达到土地利用变化监测的精度要求,这就会大大影响了变化检测的准确性。而自组织神经网络是对输出层神经元施加了一个侧反馈邻域约束,因而使得输入的多维数据中的拓扑性质可以聚类到输出层神经元的权值上。在此聚类过程中,不仅更新获胜神经元的权值,

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。侧反馈邻域的大小通常随每次迭代缓慢减少,当此过程完成后,输入数据被划分成不相交的类别,使得相同类别中个体的相似性大于与其它类别中个体的相似性,网络训练结束后,应用学习矢量量化网络方法细调网络的权值,这样使自组织神经网络达到高精度的分类图像,所以本研究应用自组织神经网络分类方法为土地利用变化监测提供了前提保障。本研究将影像分成 6 种地类,分别为:耕地、城镇用地、交通用地、绿地、水域、其它。

分类结果的验证 分类结果验证是通过两种方式进行,即同时期航空图片对比和部分疑难点实地验证。选取同时期北京北部 1:1 万比例尺的航空图片,范围(北纬 $39^{\circ}07'53''-40^{\circ}13'40''$,东经 $116^{\circ}09'40''-116^{\circ}21'35''$),同类地物对比,对比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 3 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致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,所以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少部分交叉,但总体分类精

度超过 90%(图 2)。



1994 年的自组织神经网络分类图



2003 年的自组织神经网络分类图



图 2 自组织神经网络分类图

Fig. 2 The classification results of the self-organized neural network

2.3 变化信息的提取与分析方法

(1)土地利用转移矩阵:利用 Markov 链进行土地利用转移分析,是最为常用的方法,Markov 链是状态和时间都离散的 Markov 过程。其数学表达式为:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{NN} \end{bmatrix} \quad \text{其中: } 0 \leq a_{ij} \leq 1, \sum_{j=1}^N a_{ij} = 1$$

a_{ij} 表示土地利用类型 i 转化为 j 的概率, N 为土地利用类型的总数。

(2)空间自相关分析^[7]:空间自相关是指同一个变量在不同空间位置上的相关性,是衡量一个地区内所有对象之间的相关性,可以描述一个地区的对象分布特征,即如果两种对象距离很近,而且具有相似的空间属性,则它们具有高度的空间相关。相反,如果它们距离很近,但是具有不同的空间属性,则这些对象是相互独立的。衡量空间自相关性的指标很多,Moran 系数和 Geary 系数是常用的两个系数,其定义如下:

Moran 系数:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (w_{ij} c_{ij})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}) s^2} \quad (2)$$

其中: $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}{n}$; $c_{ij} = (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})$ 。

z 为样本属性值, n 表示样本量, w_{ij} 为空间权重函数,表达单元对间的位置关系,当两个单元相邻 w_{ij} 为 1, 否则为 0。 S 为样本属性值的方差。

当 $I=0$ 时,土地类型是独立分布的,不具有空间相关性;当 $I>0$ 时,具有空间自相关性;当 $I<0$ 时,具有空间负相关性。

Geary 系数:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (w_{ij} c_{ij})}{2(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}) \sigma^2} \quad (3)$$

其中: $c_{ij} = (z_i - z_j)^2$; $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}{n-1}$; 当 $C=1$ 时,空间对象是独立分布的,不具有空间相关性;当 $C<1$ 时,具有空间自相关性;当 $C>1$ 时,具有空间负相关性。

(3)频率指数:为了对四个年份的北京市土地利用格局进行动态分析,采用频率指数分析方法。该方法是应用每个格网作为计算频率的统计单元,设定一个阈值,如果格网内的某种土地利用类型的像元总数大于该阈值,则将这个格网内的所有像元的类型值设为此种类型。频率指数算法简单,容易解释,可以提供了从总体上能够体现整个地区的主要景观类型的变化趋势的信息。

(4)潜力模型:将潜力模型潜力应用到遥感应应用领域上,可以对城市定界和研究不同空间特性的地物目标之间的相互联系(Binard, Nadasdi)^[5]。譬如,Weber和Hirsch在1997年应用潜力模型对多年以来的城市增长趋势的定量研究,预测了城市增长的潜力。潜力模型中像元之间的相互联系是通过它们的权重和位置信息来表征的,不同像元之间的关系强弱是与它们之间的距离成反比的(像元之间的距离是笛卡儿距离),权重的大小则能反映此像元属于何种用地类型,体现该用地类型能够发展为城市用地类型的潜力高低水平。其运算公式可表达如下:

$$p_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{w_{ij}}{d_{ij}^b} + w_{ij} \left(\frac{1}{2} \sqrt{\frac{s_i}{\pi}} \right)^b \quad (4)$$

式中: w_{ij} 为权重; d 为不同像元之间的距离(指在一定的缓冲区域内的各个像元之间的笛卡儿距离); b 为距离指数,可以在0.5—3.0的幅度内变化; S 为像元的面积。潜力模型建立归纳为两个步骤,首先确定 t_0 时期的城市潜力和 t_1 时期的城市增长潜力,城市潜力表示 t_0 时期的城市用地状况,城市增长潜力则反映从 t_0 时期到 t_1 时期城市增长的趋势,通过调试与验证过程,最终得到符合从 t_0 时期到 t_1 时期的城市增长模式的潜力模型的参数设置。

3 结果与分析

3.1 自组织神经网络分类结果分析

对自组织神经网络分类不同类型面积结果进行统计分析,可以看出:耕地面积从1988年的1883.4km²减少为2001年的1505.542 km²,到2003年进一步减少到1209.45km²,总数呈减少趋势;城镇用地1988年为765.2km²,2001年为1349.55km²,2003年为999.65km²,基本上呈增长趋势;绿地面积在1988年为189.5km²,2001年为394.73km²,2003年为670.64km²,呈现增长趋势;而其它类型和水体则变化很小(见图3)。

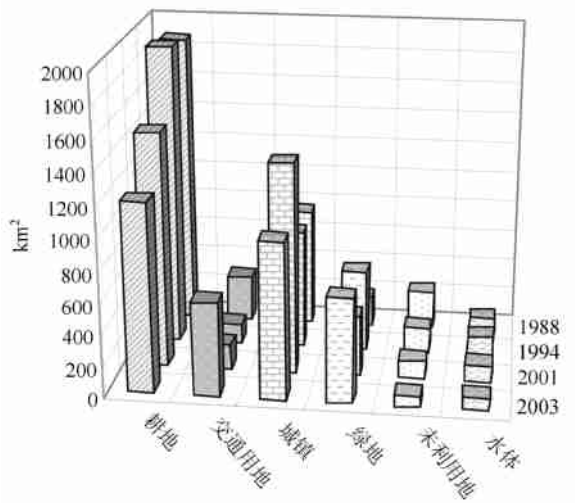


图3 6种地类面积统计直方图

Fig.3 The history graph of six land classifications

3.2 北京土地利用变化的转移矩阵分析

根据自组织神经网络分类所分出的6种地类,分别计算6种地类在1988—1994年、1994—2001年、2001—2003年时间区间内的转移概率矩阵,见表1—3所示。从表中可以看出各种土地类型的转移趋向。

在1988—1994年间耕地转移为其它类型的概率最大,变化面积达到整个研究区域面积的19.07%,其中主要变化类型为交通用地、城镇用地和绿地。在1994—2001年的7年期间变化为其它地类的概率最大也是耕地,变化面积占整个区域面积的20.18%,主要变化成交通用地和城镇用地,在此期间从其它类型用地变化为城镇用地的概率也很大,也就是在此期间城镇用地增加的面积占全研究区域的9.01%。在2001—2003年期间,耕地转移为城镇用地的面积占整个研究区的9.01%,同时绿地的变化也比较大,其主要变化来源为耕地与城镇用地,总增加量占总体面积的7.59%,在这3个时间段内变化概率最小的为水体和未利用地。

3.3 北京建设用地变化的空间自相关分析

应用空间自相关指数可以分析出对象的空间分布规律。在应用自组织神经网络分类图的基础上,提取出了建设用地的变化信息,并计算出其Moran系数和Geary系数。从计算结果可以看出建设用地的Moran系数和Geary系数都从1988年到2003年呈现逐渐减小的趋势,这说明研究区从1988年到2003年扩展的建设用地在空间上分布呈现从集中向分散的趋势发展,充分反映了建设用地从中心向外围扩

展的空间分布格局(表 4)。

表 1 1988—1994 年土地类型转移概率矩阵

Table 1 The landscape changes matrix from 1988 to 1994

1988 \ 1994	耕地	交通用地	城镇	绿地	其他	水体	合计
耕地	0.327279	0.032076	0.013992	0.07865	0.059672	0.006319	0.517989
交通用地	0.050146	0.015691	0.009213	0.02795	0.025386	0.001535	0.129921
城镇	0.013438	0.015667	0.128346	0.019123	0.027104	0.006782	0.21046
绿地	0.008301	0.007301	0.016176	0.013505	0.003411	0.003421	0.052114
其它	0.038789	0.004671	0.001353	0.0108	0.010998	0.000506	0.067118
水体	0.000952	0.001949	0.003885	0.001858	0.000234	0.01352	0.022398
合计	0.438906	0.077356	0.172965	0.151887	0.126805	0.032082	1.000000

表 2 1994—2001 年土地类型转移概率矩阵

Table 2 The landscape changes matrix from 1994 to 2001

1994 \ 2001	耕地	交通用地	城镇	绿地	其他	水体	合计
耕地	0.330709	0.011557	0.127716	0.037425	0.017398	0.007707	0.532511
交通用地	0.005568	0.004808	0.01875	0.003078	0.001896	0.000889	0.03499
城镇	0.024315	0.017328	0.134253	0.028294	0.002314	0.003877	0.210381
绿地	0.034391	0.006046	0.060672	0.032545	0.003932	0.005167	0.142752
其它	0.011678	0.003132	0.024125	0.001449	0.00501	0.000154	0.045548
水体	0.007404	0.001802	0.005649	0.005773	0.001358	0.011831	0.033818
合计	0.414065	0.044673	0.371165	0.108563	0.031908	0.029626	1

表 3 2001—2003 年土地类型转移概率矩阵

Table 3 The landscape changes matrix from 2001 to 2003

2001 \ 2003	耕地	交通用地	城镇	绿地	其他	水体	合计
耕地	0.250325	0.041955	0.035057	0.077703	0.007346	0.001679	0.414065
交通用地	0.003626	0.015975	0.017999	0.003215	0.00196	0.001897	0.044673
城镇	0.053432	0.082389	0.18475	0.044073	0.003785	0.002735	0.371165
绿地	0.012922	0.014151	0.027149	0.05065	0.000491	0.0032	0.108563
其它	0.010232	0.008175	0.005325	0.001296	0.006625	0.000254	0.031908
水体	0.002095	0.002936	0.004652	0.007509	0.000245	0.012191	0.029626
合计	0.332633	0.16558	0.274932	0.184446	0.020451	0.021957	1

表 4 建设用地的空间自相关分析指数

Table 4 The index of the spatial auto-correlation of the buildings

时间	Moran 系数	Geary 系数
1988—1994 年	0.829	0.443
1994—2001 年	0.714	0.286
2001—2003 年	0.556	0.128

3.4 北京土地利用变化频率指数分析

本文的频率指数分析中, 阈值设为 50%, 格网的大小设为 10×10 个像元数。频率指数的计算结果表明: 在研究区范围内的耕地出现的频率不断减少, 而城镇用地、交通用地和绿地的出现频率不断增加, 水体与其它类型用地的出现频率基本保持不变。从图 4 可以看出, 在 1994 年耕地的频率指数为 54.48%, 到 2003 年耕地的频率指数减少到 31.33%, 城镇用地的频率指数从

1994年的15.82%增加到2003年的22.5%，交通用地从1994年的0.15%增加到2003年的3.19%，绿地面积从1994年的4.53%增加到2003年的8.44%(图4)。

对不同环线间的城镇用地的统计结果显示了环线驱动的城镇用地扩展的动态轨迹，从图5可以看出

出在1988—2003年四环以内的城镇用地数量基本保持不变，四环到五环之间的城镇用地在2001—2003年期间有所增加，在1994—2003年五环到六环的城镇用地持续增加，六环以外的城镇用地在1988—2003年也连年增加。

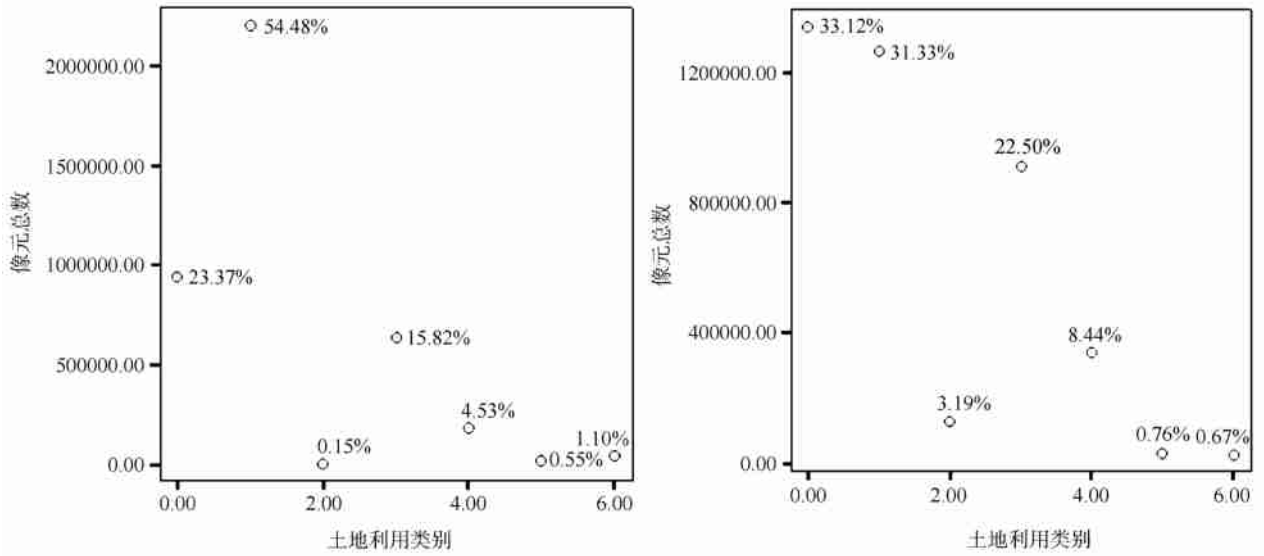


图4 处于均值位置的土地利用频率指数图

Fig. 4 The means of the frequency data and occurrence percentage map of the classifications

注:0为<50%的类型,1为耕地,2为交通用地,3为城镇,4为绿地,5其它,6水体

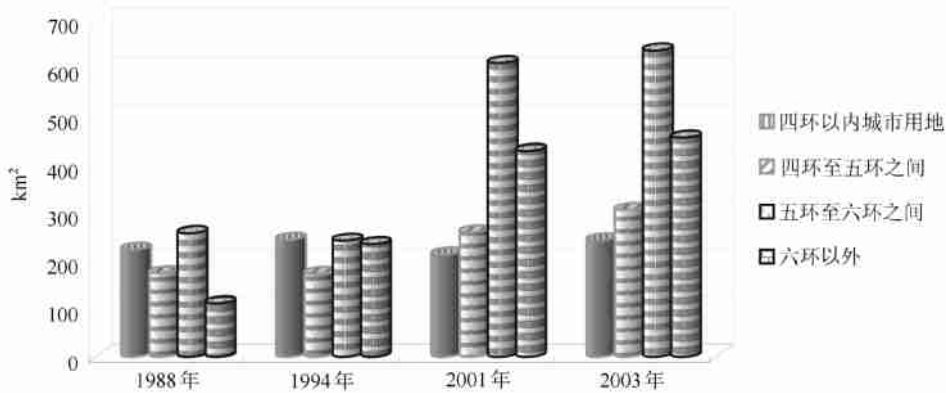


图5 1988年、1994年、2001年、2003年不同环线之间的城市有用地面积

Fig. 5 The total built-up areas in 1988, 1994, 2001 and 2003 distributed by different ring road

对1988—1994年、1994—2001年、2001—2003年3个时间段的城镇扩展信息的提取并进行了分析，从分析结果可以看出，1988—1994年城镇扩展主要集中在北京市四环至五环之间，在四环以内也有少部分扩展，在其它区域基本无扩展。在1994—2001年城镇用地在四环以内基本没有扩展，主要是集中在四环到五环之间的区域，其它区域的扩展很小。2001—2003年城镇扩展面积都比前两个阶段

多，也是集中在北京市五环到六环以及六环以外的区域，在四环与五环之间也有少部分的扩展(图6)。

3.5 北京城市增长潜力模型分析

通过对1994—2001年和2001—2003年两个阶段的城镇增长分析和1994年、2001年、2003年城市用地的总体情况，选取了合适的权重，用于模拟城市发展的趋势。城市增长的潜力模型分为：第一步是

建立城市潜力模型,它反映了在初始阶段 t_0 时刻,城市用地的空间布局以及总体数量,用权重表示不同的用地类型,此时权重高的表示已经存在的城市用地,权重低的表示受到保护的农业用地和绿地等用地类型。第二步,建立城市增长潜力模型,建立模型同时要考虑到从 t_0 时刻到 t_1 时刻城市发展的实际情况,高的权重表示有很强的发展潜力的用地类型(如密度相对比较低的的城市用地,一些有可能演变为城市用地的农业用地),低的权重表示转化为城市用地机率很小的用地类型(例如水域和高密度的城区等)。本研究中,缓冲区范围取在 200m 范围之内, b 指数取 2,权重取值依据上述研究的城市发展的规律确定如下,如表 5 所示。

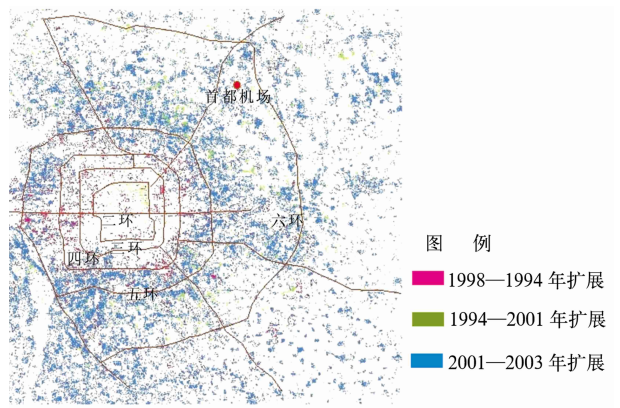


图 6 北京环线驱动下的城镇扩展运态分析图

Fig. 6 The buildings dynamic expanding analysis map by the Beijing ring road driven

表 5 城市发展潜力模型的每种地类的权重

Table 5 Calibrated weights attributed to each land cover classes in the potential model

城市发展阶段 用地类型权重	阶段一(1994—2001年)		阶段二(2001—2003年)	
	城市潜力 (1994年)	城市增长潜力 (2001年)	城市潜力 (2001年)	城市增长潜力 (2003年)
四环以内的城市用地(权重)	8	1	9	1
四环至五环之间的城市用地(权重)	7	3	8	2
五环至六环之间的城市用地(权重)	6	5	7	4
六环以外的城市用地(权重)	5	6	6	5
农业用地(权重)	1	5	1	4
绿地(权重)	1	1	1	1
其它用地(权重)	1	2	1	2
水体(权重)	0	0	0	0

潜力模型的模拟结果,见图 7 显示:(1)从 1994 年到 2001 年,北京市城市发展潜力的空间分布规律呈现出以围绕环线分布为基础的空间梯度差异。在四环以内城市发展潜力最低(潜力指数在 106—212 范围内),这与土地利用类型分类结果是吻合的,因为在此研究阶段里,四环以内的城市面积增加很少,见图 5,图 6。四环到五环之间城市发展潜力比四环以内的城市发展潜力高(潜力指数在 213—318 范围内),这同样也验证了在 1994 年到 2003 年北京市在四环到五环之间城市用地面积随着年代增加而增加,见图 4,图 5。五环到六环之间城市发展潜力比较四环以内、四环到五环之间都高(潜力指数在 639—745 范围内)。六环以外潜力指数在 750—852 范围内,是整个研究区域最高的,这同样可以从 1994 年到 2001 年的城市用地类型扩展分析上可以得出同样的结论,见图 4,图 5。也就是说北京市的城市发展潜力在五环到六环之间以及六环以外的区域是最强的,见图 7。(2)随着时间的推移,城市发

展潜力指数随着变化,在 2001 年到 2003 年期间,四环以内的城市增长潜力基本不变,潜力指数一直落在区间[100,200]内,而五环以外的城市增长潜力指数分别呈现下降的趋势,在 2003 年四环至五环、五环至六环的潜力指数比 2001 年的潜力指数有所下降,原因是由于适宜发展为城市用地的土地在城市化推进过程中逐渐减少,这样导致城市发展的潜力也逐渐下降,所以在城市不断扩展同时,北京市的五环、六环的城市发展潜力指数也相应地降低,见图 5。

4 结 论

本文介绍了以自组织神经网络分类为基础遥感变化检测技术,结果经过航片和野外验证,在此基础上采用频率指数模型分析、空间自相关分析和城市增长潜力模型分别对 1988—2003 年北京六环内的土地利用变化,分 3 个阶段进行了研究与分析。结

果显示了环线驱动北京市土地利用的总体变化规律,表明在 1988—2003 年在环线建设的驱动下,北京市土地利用发生显著变化的是城市建设用地(从 1988—2003 年增加了 30.6%);绿色奥运工程效果增加绿地(从 1994—2003 年增加了 29.2%);城市增长

潜力从四环到六环呈逐渐增大趋势。通过以上的分析结果同时可以归纳得出北京的土地利用变化是围绕老城为中心,以环线建设为驱动的发展模式。同时说明从 1994—2003 年北京市的城市发展基本遵循呈现一个中心+多个环线的发展规律。

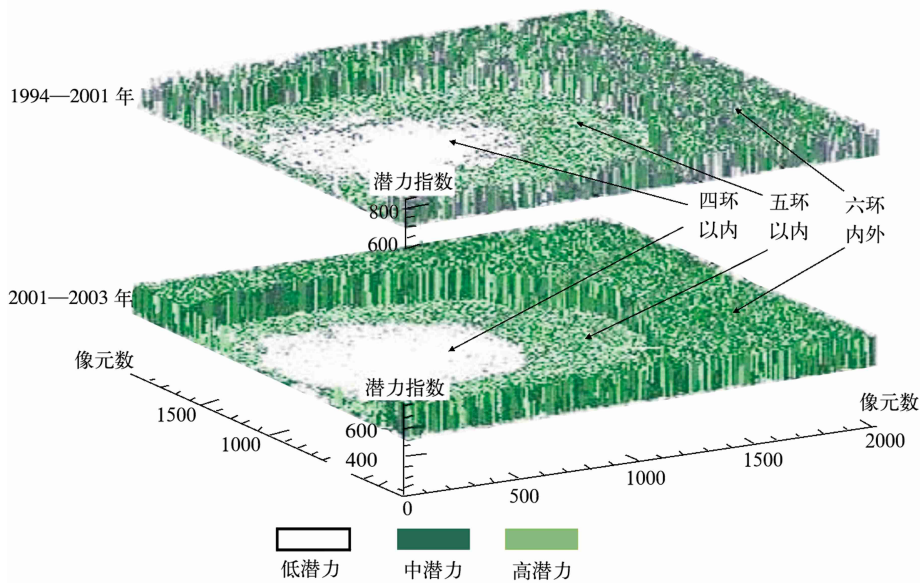


图 7 2001 年与 2003 年城市增长潜力图

Fig.7 The potential expansion of urban in 2001 and 2003

参考文献 (References)

[1] Yu M Y, Lou Q Y. What Will happen if the Biggest Green Belt in the World Surrounds Beijing? Beijing Youth (N), Sep 18th, 2003-09-18 [余美英, 娄启勇. [N]. 世界最大绿化带包围北京能带来哪些变化[N]. 北京青年报 2003-09-18]

[2] Zhang J. The Green Belt Isolated Project Is Driving into Highway [N]. Beijing Evening News, J 2002-07-12. [张谨. 北京绿化隔离带工程驶入高速路[N]. 北京晚报, 2002-07-12.]

[3] HASI Bagan, Ma J W, Li Q Q *et al.* The Self-Organizing Feature Map Neural Networks Classification of the ASTER Data Based on Wavelet Fusion [J]. *China science*, volume D. 2003, **33**(9):895—902. [哈斯巴干, 马建文, 李启青等. 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 [J]. 中国科学(D

辑).2003, **33**(9):895—902.]

[4] Ji C Y. Land-use Classification of Remotely Sensed Data Using Kohonen Self-organizing Feature Map Neural Networks [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2000, **66**(12): 1451—1460.

[5] Weber C, Puissant A. Urbanization Pressure and Modeling of Urban Growth: Example of the Tunis Metropolitan Area [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, **86**:341—352.

[6] JOON H, Thomas W, Fitzhugh. A Standardized Radiometric Normalization Method for Change Detection Using remotely Sensed Imagery [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2002, 173—181.

[7] Xu X Q, Zhou Y X. City Geography [M]. Beijing: High Education Press. [许学强, 周一星等. 城市地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.]

Research on the Land Use Change with Beijing Ring Road Driven Using Remote Sensing Change Detection

DAI Qin¹, MA Jian-wen¹, CHEN Xue^{1, 2}

(1. Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101 100875, China;

2. The Department of Resources and Environment Science, Beijing Normal University 100875, China)

Abstract: In recent years, the transportation of Beijing has made a great progress in building up of the ring roads, which have promoted the development of big commercial sites and estate surroundings, at the same time, brought up the change of land use. The objectives of this research are to detect the changes of land use from 1988 to 2008 and reflect the improvement of the ecological environment, which is also the object to support the 2008 Olympic games. Considering the above two aims, and after standardized radiometric normalization correction and geometrical correction of the Landsat TM image of 1988, 1994, 2001 and 2003 in May or June, these images are classified by SOFM (Self Organized Feature Map of Neural network) method. Then the frequency index model, spatial autocorrelation analysis model and urban expansion potential model are adopted in this paper to analyze the land use change information extracted from the classified information. The analytical result of these methods show that from 1988 to 2003 the city expansion tendency is obvious. The transformation from farmlands to built-up areas is the main resource of urbanization, from 2001 to 2003 the green land increased between the fourth ring road and the fifth ring road, and from 1994 to 2003 the urban expansion potential index of Beijing city is increased by degrees from the inner fourth ring road to the sixth ring road. Based on all these analytical results we can draw a conclusion that the change character of land use with ring roads driven and the urban expansion process of Beijing city centering the old city and surrounding the ring roads in the past decade.

Key words: ring road construction; SOFM classification; remote sensing change detection; land use change