

基于 RS 的松嫩平原大安湖泊群面积提取与动态变化分析

李晶晶^{①,②}, 贾建华^①, 郝景研^②

(^① 西安科技大学测绘学院, 西安 710054; ^② 中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要:采用决策树分类法, 利用 1979 年 MSS、1989 年 TM、2001 年 ETM 及 2007 年 CBERS 遥感影像, 提取了大安湖泊群面积大于 0.3 km² 的湖泊在 4 个不同时期的空间分布数据, 得到了该湖群近 30 年来的面积动态变化结果, 并分析了引起其变化的自然因素和人为因素。

关键字:决策树; 大安湖泊群; 面积动态变化; 遥感

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2009)103-0044-05

1 引言

松嫩平原位于松辽分水岭以北东北平原的中北部, 地处半湿润半干旱区, 分布着约 7000 多个湖泊, 湖泊面积达 2750 km², 湖泊率达 6%, 是我国湖泊密布最大的地区之一^[1]。随着自然环境的变迁和人为活动的加剧, 上世纪 80 年代以来, 松嫩平原湖泊发生了重大变化, 据有关文献资料显示湖泊是松嫩平原受自然或人为干扰最为严重的湿地类型之一^[2], 湖泊的退缩、咸化甚至消亡诱发了诸如生物多样性消亡、滨湖植被退化或荒漠化等现象, 对湖区的生态安全构成了严重威胁。因此, 及时准确地掌握和研究湖泊资源的现状和动态变化过程对湖泊的合理开发和保护有着重要的意义。

近年来, 对松嫩湖泊群的研究主要集中在对其的综合分类和环境特征分析上^[3~4], 对该湖群在连续历史时期内面积动态变化的研究较少。随着遥感技术的发展, 遥感数据内容不断丰富、分辨率不断提高, 为湖泊的宏观动态监测提供了方便准确的信息来源。不少学者利用遥感手段对湖泊进行了湖泊面积变化监测研究, 如马明国利用 1973~2006 年 MSS、TM、ETM 等遥感数据对新疆若羌湖泊群进行面积动态监测研究^[5], 殷立琼利用 1988~2002 年的 6 期 LANDSAT 卫星遥感影像研究了近 15 年太湖的面积变化状况^[6], 沈芳利用 1975~2000 年 MSS、TM、ETM 数据分析了青海湖最近 25 年的面

积变化^[7], 赵树青利用 1978~1998 年的 LANDSAT 数据和 30 年代、50 年代的地形图数据得到了洞庭湖近 70 年来的面积萎缩结果^[8]。

本文选取松嫩平原六大湖群之一的大安湖泊群, 采用决策树分类法在 4 个不同时期的遥感影像上提取其面积大于 0.3 km² 的湖泊近 30 年来的空间分布数据, 并在此基础上分析了引起该湖群面积动态变化的自然因素和人为因素。大安湖泊群变化规律和趋势, 在六大湖群中具有一定的代表性, 本文提出的影响因素, 对于该湖群乃至整个松嫩平原的湖泊生态环境保护 and 湖泊资源的开发, 都有借鉴意义。

2 研究区概况

大安湖泊群位于舍力湖泊群与乾安湖泊群之间, 北以洮儿河和嫩江为界, 南以苏公坨—通榆—小香海一线为界^[9], 行政区占大安市、通榆县北部及前郭县部分。大安湖泊群由查干湖、新庙泡两个大型湖泊和小西米泡、两家泡、平安泡等面积在 20 km² 以下的大量小型湖泊组成, 湖群南部地处霍林河下游泛滥平原, 北部为嫩江的泛滥平原, 地势南高北低, 海拔多在 130~145 m, 西北部有小块阶地平原, 并有古河道发育, 海拔在 140 m 左右。泛滥平原区的湖泊多沿霍林河呈串珠状分布, 湖泊面积很小; 霍林河下游地处构造沉降背景的泛滥平原, 这里形成了东北平原最大的淡水湖——查干湖; 西北部阶地平原上的湖泊数量少, 面积小。该湖群集中在 123°

收稿日期: 2008-09-27 修订日期: 2008-11-04

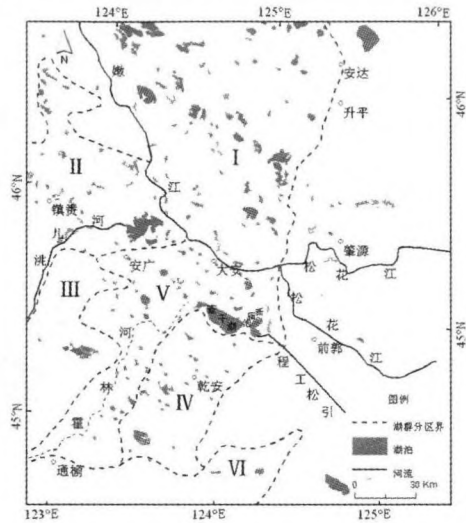
基金项目: 中国湖泊水质、水量和生物资源调查(2006FY110600)子项目东北区湖泊卫星遥感调查。

作者简介: 李晶晶(1984~), 女, 硕士, 研究方向为地理信息系统与遥感应用。

E-mail: gis3d@126.com

16'47"~124°35'32"E,44°44'59"~45°31'38"N,其分布如图 1 所示。

湖群地处温带大陆性半干旱与半湿润气候的过渡带,夏季高温多雨,冬季严寒,春季干旱多风,年均气温 4.3℃,6~9 月平均气温 20℃,≥10℃活动积温 2921.3℃。年降水量 413.7mm,其中 6~9 月份的月降水量达 86.2mm,占全年降水量的 83.3%。但即使 6~9 月份,蒸发量仍然大于降水量,最大蒸发量达 1952.2mm,干燥度达 1.15,春季 4、5 月份则更干燥,平均气温达 10.9℃,而月降水量仅 18.5mm,干燥度达 2.8。



I 大庆湖泊群; II 莫莫格湖泊群; III 舍力湖泊群;
IV 乾安湖泊群; V 大安湖泊群; VI 向乌湖泊群

图 1 大安湖泊群分布图

3 数据与方法

3.1 数据源

本文收集了 1979 年 MSS、1991 年 TM、2001 年 ETM 及 2007 年 CBERS 共计 4 景无云遥感影像(见表 1)。为保证湖群提取结果的可比性,所收集的数据集中在东北地区的 8 月份丰水期。由于时间跨度大、区域范围广,增加了影像收集的难度,1989 年的数据有一部分来源于 1990 年 7 月 20 日(轨道号 11928),但其只占研究区土地面积的 8%,有极少量的小湖泊分布,不会影响研究区整体的提取精度。

采用 1:10 万地形图在 ERDAS 软件下对收集的遥感影像进行几何精纠正,误差控制在 0.5 个像元内,投影均采用 Albers 投影,将 TM、ETM、CBERS 重采样成 80m 分辨率,保证不同影像湖泊面积的提取精度。

3.2 湖泊的提取方法

采用决策树分类法提取湖泊水体。决策树(Decision Tree)是遥感图像分类中的一种分层处理结构,其基本思想是通过一些判断条件对原始数据集逐步进行二分和细化。其中,每一个分叉点代表一个决策判断条件,每个分叉点下有两个子节点,分别代表满足和不满足条件的类别。这种方法可以方便的利用影像亮度值以外的其他知识,所以在遥感影像分类和专题信息提取中已有广泛的应用^[10]。决策树提取湖泊水体的基本思路如下:

表 1 研究区遥感影像

类型	成像日期	轨道号	分辨率	阈值提取波段	制图精度	用户精度
MSS	19790823	12828/12829	80m	4 波段	96.6%	96.7%
TM	19910720	11928	30m	5 波段	97.1%	97.9%
	19890802	11929	30m	5 波段	97.2%	97.6%
ETM	20010811	11928/11929	30m	5 波段	97.3%	97.7%
CBERS	20070828	36848/36849	28.5m	4 波段	96.8%	96.5%

(1) 采用单波段阈值法提取研究区内湖泊水体。近红外波段的水体辐射率明显单一并低于其他地物,反映水体和水陆边界特别敏锐,因此在 4 种不同的遥感影像上选择合适的近红外波段(每景影像选择的阈值提取波段见表 1),通过反复试验,分别确定某一灰度值 m 作为区分水体与其他地物的阈值,所有灰度值小于此阈值的像素属于水体。从处

理结果可以看出(以 MSS 影像为例,见图 3(a)),由于具有相似的光谱值,一些浅水沼泽和小河流痕迹一起包含在提取结果中,这些均非本文的研究对象。

(2) 采用形状指数剔除浅水沼泽和小河流痕迹。国外学者 Frohn 将形状指数用于遥感影像分类取得了较好的结果^[11],形状指数可以作为一个重要的指标衡量一个物体的形状:浅水沼泽边界复杂度比较

高,小河流呈曲线且曲率比较大,而湖泊边界比较平滑。从形状规则程度考虑,定义形状指数如下:

$$M = \sqrt{A}/P$$

式中, A 为图形对象的面积, P 为图形对象的周长。其中圆形的 M 值最大(大于 0.25),其次为正方形(等于 0.25),再次为长方形(小于 0.25),图形越复杂,其形状指数越小。根据对象形态及前人研究^[4],经过反复试验,确定湖泊提取阈值为 0.1。

(3) 采用面积指数提取集中反映大安湖群变化规律和趋势的湖泊。根据对该区研究对象已有的先验知识^[12],并经过反复试验,发现面积大于 0.3km^2 的湖泊能集中反映该湖群变化规律和趋势,因此去除面积小于 0.3km^2 图斑经过以上步骤处理得到的湖泊分布如图 3(b)。制图精度和用户精度分别从制图者和用户者的角度反映了提取结果与原

始影像每个像元之间的一致性^[13],在 ERDAS 软件下做精度分析并经实地考察验证,提取结果的精度满足专题制图和实际应用的要求,各影像提取结果的制图精度和用户精度见表 1。图 2 为湖泊水体提取流程图:

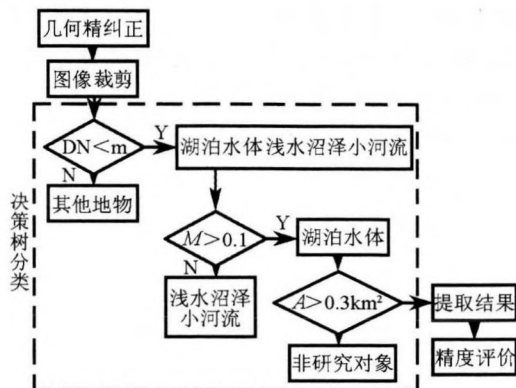


图 2 湖泊水体提取流程

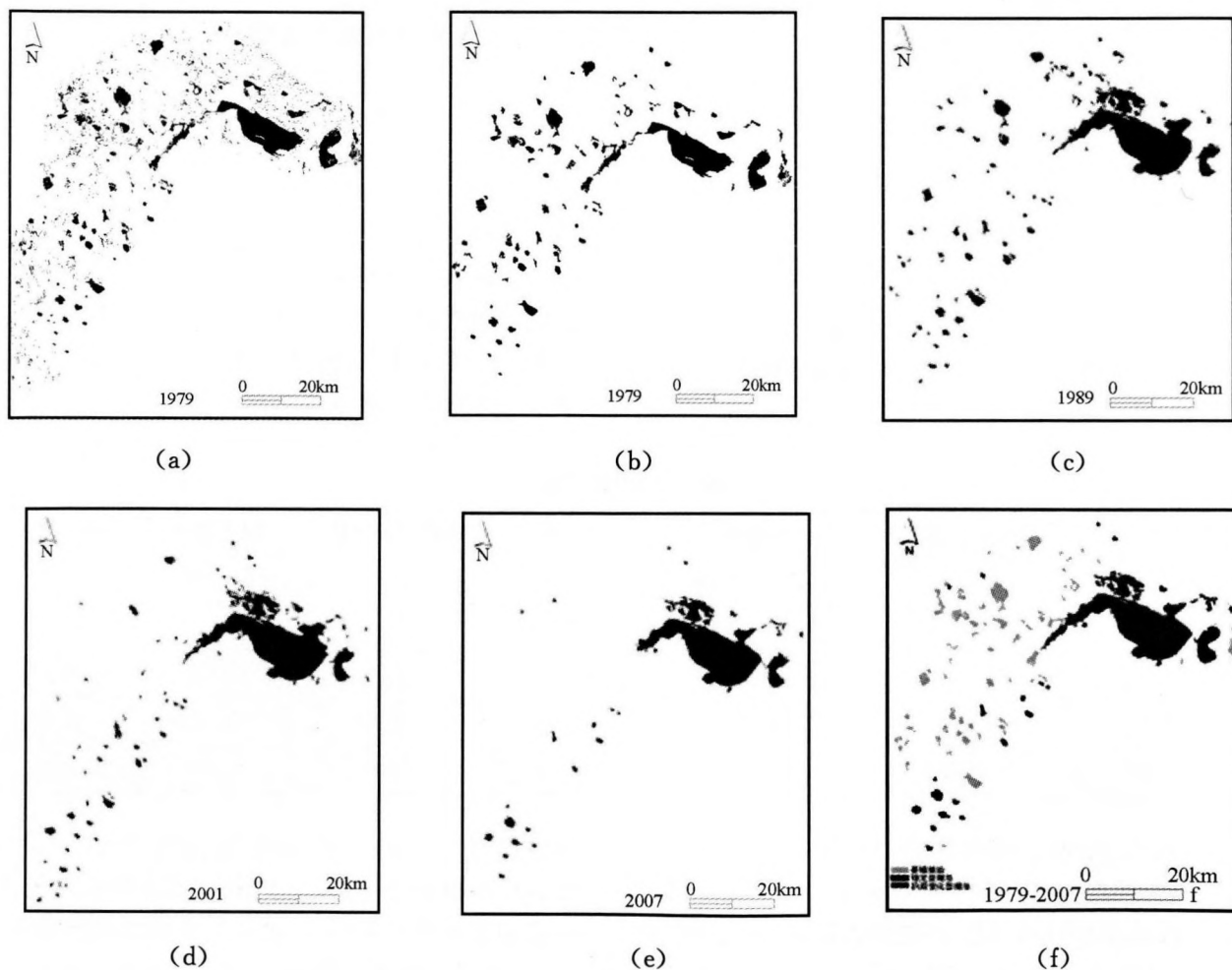


图 3 提取结果

4 结果与分析

4.1 提取结果

1979年至2007年,大安湖泊群总面积由359.6 km²增加到378.6 km²,湖泊总个数由64个减少到22个。由表2可以看出,查干湖所占总面积的比例由1979年的42.4%增加到2007年的80.5%,因此大安湖泊群变化中,查干湖的面积变化占主要部分。因修建引松工程,1989年查干湖面积增加到347.6 km²,是1979年面积的2.3倍,1989至2007年,查干湖逐渐萎缩,面积减少了43.5 km²,但2007

年面积仍是1979年面积的2倍。因此,1989年查干湖面积的陡增导致近30年来整个湖泊群面积的增加。由1979年与2007年两图的叠加(图3(f))可以看出,小西米泡、两家泡、平安泡等小型湖泊持续萎缩,其面积由1979年的169.4 km²减少到2007年的40.4 km²(表2),萎缩达每年4.4 km²。对比4个时期的提取结果分布图,1979年至2001年萎缩的29个小型湖泊中有21个位于北部泛滥平原及西北部阶地平原,面积共减少84.6 km²,占全部萎缩面积的75%。而新庙泡及南部的孤鱼泡、三王泡、传字泡等相对稳定。

表2 面积变化统计结果

年份	总面积 (km ²)	总数量 (个)	查干湖		新庙泡		小型湖泊	
			面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)	面积(km ²)	比例(%)
1979	359.7	64	152.6	42.4	37.7	10.5	169.4	47.1
1989	495.3	52	347.6	70.2	35.9	7.2	101.8	20.6
2001	440.1	35	338.1	76.8	37.7	8.6	56.6	14.6
2007	378.6	22	304.1	80.5	34.1	9.0	40.4	10.5

4.2 影响因素分析

4.2.1 自然因素对湖泊群变化的影响

根据从中国气象科学数据共享服务网得到的湖区气象统计资料可以看出,1979年以来年降水量明显减少,南部平均减少180mm,北部平均减少150mm;年均气温资料表明,自1979年起湖区年均温持续上扬。整个湖区降水量减少,气候逐渐暖干化,特别是湖区南部,2001年至2007年降水量维持在300mm左右,年均温高达6.4℃,这一时期小型湖泊共减少13个,其中有10个分布于此。

流经湖区的霍林河、嫩江、洮儿河的水位变化同样受大气降水的制约^[14]。因此,在大气降水、气温、河流补给三大自然因素中,大气降水和气温是大安湖泊群小型湖泊面积变化的主导因素。随着年降水量减少和年均温升高,低降水高蒸发的趋势逐渐加强,河流供给不足,湖泊水位下降,导致其退化为沼泽和盐碱地。近30年来大安湖泊群小型湖泊数量共减少42个,面积累计减少129.0 km²,其所占总面积比例由1979年的47.1%降到2007年的10.5%(表2)。

4.2.2 人为因素对湖泊群变化的影响

(1) 水利工程对湖泊群变化的影响

湖区以嫩江、洮儿河为界,霍林河流经区内,湖区内的水利工程主要有沿江的引水工程、防洪堤工程和蓄水工程。

70年代以来霍林河由常年河演变成时令河,

1976年当地有关部门开始修引松渠道,至1984年引松工程完成后,入湖水量始有保证,1988年又兴建高程129.7m的十家子溢流堰,始其成为平原水库型湖泊^[15]。1989年查干湖的面积增加到347.6 km²,是1979年面积的2.3倍,因此引松渠道对该湖水量的稳定起主要作用。1956~1969年嫩江与洮儿河北岸分别修筑了长达65km和58km的防洪堤^[16],特别是湖区南部小型湖泊的主要补给来源霍林河上游修建水库,致使沿河的串珠状湖泊得不到充足的水源,逐渐萎缩。因此,防洪堤工程和蓄水工程截断了湖泊的补给水源。

对比引水工程和防洪堤工程、蓄水工程对湖泊的正负两种效应,可以看出引水工程补给湖泊水源,使湖泊环境向良性发展;防洪堤工程和蓄水工程阻断了湖泊的水源,使湖泊环境恶化。虽然引水工程利大于弊,但是其覆盖率低,只能保证极少量的湖泊水源稳定,不能阻挡绝大部分小型湖泊萎缩的趋势。

(2) 农业开垦对湖泊群变化的影响

湖区位于吉林省西部,经济水平较为落后,农业是重要的经济来源,其发展对自然资源的开发依赖较重。根据联合国粮农组织的建议,在干旱半干旱的区域,人口的密度最好低于20人/km²,而该区1995年和2004年分别达到94人和101人,并且还在继续增加^[17]。“民以食为天”,人口的增加带来人地矛盾加剧,大面积围湖造田直接导致了湖泊退缩

甚至干涸。

湖区北部、西北部属大安市,南部地处通榆县,大安市人口密度(85 人/ km²)是通榆县的 2 倍,过度围垦尤其严重。特别是 1998 年后连续 3 年遭受旱害,自然旱情和人为过度围垦湖泊,扩大耕地面积使这一时期的湖泊萎缩最为严重。对比图 3(c)和图 3(d)可以发现 1989 年到 2001 年减少的 17 个湖泊中有 11 个分布在湖区的北部和西北部,这一时期小湖泊减少的面积占 1989 年总面积的 44.4%(表 2),是 3 个历史时期之最。

5 结束语

本文采用决策树分类法提取了大安湖泊群近 30 年来 4 个不同时期的空间分布数据,并总结了其面积动态变化的影响因素。分析表明,自然因素为

湖泊的退化提供了内在原因,而人为因素则加速了这种变化。一方面,干旱的气候和人为活动使得湖泊退化和盐碱化日益严重,而退化和减少的湖泊减弱了其“冷湿效应”,反过来又相对加剧了气候干旱。另一方面,干旱化促使水库的修建,水源被截断使得河流下游以及周围的补给减少,同时这些水利工程切断了内流区的外泄通道,使得地表盐分难以排泄,导致湖泊沼泽化、盐碱化。从保护和改善湖泊生态环境的角度看,目前应该进一步重视流域内水利工程的系统化建设,统一协调上下游和湖区内外的关系,有效控制围垦规模,促进人与湖泊的和谐发展和湖泊资源的可持续利用。

致谢:谢谢中国科学院南京地理与湖泊研究所窦鸿身老师的悉心指导!

参考文献

- 1 吕金福,肖荣寰,李志民,等. 松嫩平原湖泊综合分类研究[J]. 东北师范大学报自然科学版,2000,32(2):92~98.
- 2 郭跃东,何艳芬. 松嫩平原湿地动态变化及其驱动力研究[J]. 湿地科学,2005,3(1):54~59.
- 3 介冬梅,吕金福. 松嫩平原湖滩土地类型与利用对策研究[J]. 东北师范大学报自然科学版,2000,32(2):112~116.
- 4 李晓峰,张树清,庞振平,等. 矢量景观指数在遥感信息提取中的应用——以乾安湖群为例[J]. 遥感学报,2008,12(2):291~295.
- 5 马国明,宋怡,王雪梅. 1973—2006 年新疆若羌湖泊群遥感动态监测研究[J]. 冰川冻土,2008,30(2):189~195.
- 6 殷立琼,江南,杨英宝. 基于遥感技术的太湖近 15 年面积动态变化[J]. 湖泊科学,2005,17(2):139~142.
- 7 沈芳,匡定波. 青海湖最近 25 年变化的遥感调查与研究[J]. 湖泊科学,2003,15(4):289~295.
- 8 Zhao S Q, Fang J Y, Miao S L, et al. The 7-decade degradation of a large freshwater lake in central Yangtze river, China [J]. Environ. Sci. Technol,2005(39):431~436.
- 9 吕金福,肖荣寰,李志民,等. 松嫩平原湖泊类型组合的区域分类[J]. 东北师范大学自然科学版,2000,32(2):99~105.
- 10 赵萍,冯学智,林广发. SPOT 卫星影像居民地信息自动提取的决策树方法研究[J]. 遥感学报,2003,7(4):309~315.
- 11 Frohn R C. The use of landscape pattern metrics in remote sensing image classification [J]. International Journal of Remote Sensing, 2006, 27(10):2025~2032.
- 12 吕金福,李志民,冷雪天,等. 松嫩平原湖泊的分类与分区[J]. 地理科学,1998,18(6):524~530.
- 13 赵英时,等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003:204~207.
- 14 吕金福,肖荣寰,介冬梅,等. 莫莫格湖群近 50 年来的环境变化[J]. 地理科学,2000,20(3):279~283.
- 15 王苏民,窦鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京:科学出版社,1998:519~520.
- 16 裘善文. 吉林霍-洮两河中下游地区土地盐碱化的特征成因及治理的实用技术研究[J]. 土壤通报,2001(32):18~22.
- 17 王明全,王金达,刘景双. 吉林省西部资源环境和人口经济发展的耦合性分析[J]. 水土保持通报,2008,28(2):167~172.

The Extraction and Dynamic Analysis of Da-an Group Lakes Area in Songnen Plain Based on Remote Sensing

LI Jing-jing^{①,②}, JIA Jian-hua^①, HAO Jing-yan^②

(^① College of Surveying and Mapping, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054;

^② Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Science, Nanjing 21008)

(下转第 53 页)

我们更好的了解城市化过程。前人研究证明对城市的边缘区的划分是非常困难的,因为城市边缘区本身是相当复杂的,而且不同的城市有其自身的特点,

即使是同一城市,在不同的发展时期,其特点也不相同。它受到多种因素的影响,比如历史条件、经济发展、政策因素、地形等。

参考文献

- 1 顾朝林. 中国大城市边缘区研究[M]. 北京:科学出版社,1995:163.
- 2 陈佑启. 试论城乡交错带及其特征与功能[J]. 经济地理,1996,16(3):27~31.
- 3 程连生,赵红英. 北京城市边缘带探讨[J]. 北京师范大学学报,1995,31(1):127~133.
- 4 任春洋. 新开发大学城地区土地空间布局规划模式探析[J]. 城市规划汇刊,2003,(4):90~91.
- 5 李世峰. 大城市边缘区地域特征属性界定方法[J]. 经济地理,2006,26(3):478~496.
- 6 方晓. 浅议上海市边缘区的界定[J]. 地域研究与开发,1999,18(4):65~67.
- 7 章文波,方修琦,张兰生. 利用遥感影像划分城乡过渡带方法的研究[J]. 遥感学报,1999,3(3):199~202.

Urban Fringe Extraction and Its Change Monitoring Using Multi-temporal TM Image

YANG Ye-tao^{①,②}

(^①State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430074;

^②Institute of Geophysics and Geomatics, China University of Geosciences, Wuhan 430079)

Abstract: Urban fringe is the transition belt between the urban and rural, which is the most active part in urban sprawl process. In urban fringe belt, urban land use patches mix with other land use patches, such as agriculture, forest, rangeland, etc. Non-urban land use patches are soon converted to urban land use patches in the urban sprawl process, especially in developing countries with high urbanization speed, such as China. The urban fringe belt is defined by its outer and inner boundary, which separate the inner urban core, urban fringe and rural area. In this article, we put forward a new method on urban fringe belt extraction and its dynamic change monitoring, which introduces multi-temporal remote sensing images in this research. From the remote sensing image classification results, we can extract useful spatial structure pattern information of land use, and this information is used to find the outer boundary and inner boundary of the urban fringe. By integrating multi-temporal images into the process, we can dynamically monitor the urban fringe change. This study analyzes urban fringe of the Beijing city using multi-temporal Landsat images (1988, 1994 and 2000), the urban fringe belt of Beijing city is figured out and the change is also mapped.

Key words: urban fringe; multi-temporal imagery; landscape metrics; change detection

(上接第 48 页)

Abstract: The distribution of Da-an Group Lakes was extracted with the method of decision tree from the series of satellite imageries: MSS in 1979, TM in 1989, ETM in 2001 and CBERS in 2007. The extraction rule is that the lake area should larger than 0.3 km². The dynamic area results in the last three decades were obtained, and the natural and artificial influencing factors were explored. According to the results, the sharp rise of Chagan area in 1989 led to the increasing of overall area of Da-an Group lakes from 359.7 km² in 1979 to 495.3 km² in 1989. Since then, the overall area began gradually shrank to 378.6 km² till 2007. The area of small lakes less than 20 km² was reduced by 129.0 km² and their number was decreased by 42, such as Xiaoximi Lake, Liangjia Lake, Ping'an Lake etc. Based on above mentioned, the natural factors, like the reducing precipitation, the warming and drying climate, caused the lake degradation, while the artificial factors accelerated the changes, for example conservancy facilities and agricultural cultivation. The water diversion project can ensure the stability of the large lakes, but its coverage is low, can not stop the shrinking trend of the majority of small lakes.

Key words: decision tree; Da-an group lakes; area dynamics; remote sensing