

## 基于 TM 影像的漳河流域土地利用时空演变分析

张玉杰<sup>1,2</sup>,刘新侠<sup>1</sup>,张安兵<sup>1,2</sup>,王贺封<sup>1,2</sup>

(1. 河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038;2. 河北省煤炭资源综合开发与利用协同创新中心,河北 邯郸 056038)

**摘要:**为获取和进一步探讨漳河流域土地利用时空演变规律,基于1993、2006及2010年3期Landsat TM 遥感影像数据和2011年SPOT5 高分影像数据,利用ArcGIS 空间分析功能与ENVI 动态监测功能对流域土地利用时空演变特征进行研究。分析结果显示:1993-2010年,漳河上游区域下垫面土地利用发生了巨大改变;耕地和裸地呈减少趋势,各减少411.23、341.11 km<sup>2</sup>;林地、城镇与建设用地和水域用地分别增加了656.8、72.01、23.53 km<sup>2</sup>;耕地与裸地主要转入林地,部分耕地转入城镇与建设用地。

**关键词:**TM 影像;土地利用/覆被变化;漳河流域

中图分类号:X171

文献标识码:A

### Analysis on the temporal and spatial process of dynamic change of land use and land cover in upstream of zhanghe river basin using Landsat TM

ZHANG Yu-jie<sup>1,2</sup>, LIU Xin-xia<sup>1</sup>, ZHANG An-bing<sup>1,2</sup>, WANG He-feng<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; 2. Collaborative Innovation Center of the Comprehensive Development and Utilization of Coal Resource, Hebei Handan 056038, China)

**Abstract:** Land use/land cover change in upstream of Zhanghe river basin was affected by natural and human factors. During the past decades, reduced natural rainfall and frequent human activities has an influence on this region, so this research is important. Through analyzing the spatio-temporal characteristics of dynamic change of land use/land cover change in basin, Land use/land cover change for many years will be extracted in zhanghe river basin, using the method of ENVI change detection and ArcGIS Spatial analyst, based on 1993, 2006, 2010 images derived from Thematic Mapper (TM) imagery. Moreover, Spot-5 image derived from 2011, will be used for precision evaluation. These results provide an important statistic reference for land use planning and sustainable development in this region. Finally, results indicate that forest, buildings and water was respectively increased by 656.8 km<sup>2</sup>, 72.01 km<sup>2</sup>, 23.53 km<sup>2</sup>, rather cultivated and barren was decreased by 411.23 km<sup>2</sup>, 341.11 km<sup>2</sup>, from 1993 to 2010. The input forest area was mainly originated from farmland and barren. Part of the farmland was transformed into urban land.

**Key words:** landsat TM; land use and land cover; upstream of Zhanghe

土地利用/覆被变化可引起许多自然现象和生态环境的变化。它反应了不同时期人类出于各种目的对土地利用方式的改变。这种变化既包括土地资源数量、质量随时间的变化,也包括土地利用空间格局的变化及土地利用类型组合方式的变化<sup>[1-2]</sup>。近年来对土地利用变化的研究成果较

多,如朱运海等<sup>[3]</sup>探讨了土地利用/覆被变化(LUCC)自动检测方法,得出综合应用上述方法能够高效、准确的自动监测出LUCC信息;HAO Hui mei等<sup>[4]</sup>对中国北部农牧交错带地区的土地利用/覆被变化及引起的生态环境效应进行研究;黄宝荣等<sup>[5]</sup>分析了北京市城乡结合部11年的土地利

用/覆被变化情况,总结了造成该地区景观格局演变的主要驱动因子;陈松林<sup>[6]</sup>、邹亚荣<sup>[7]</sup>等研究了土地利用类型与土壤侵蚀的分布相关关系;陈龙泉<sup>[8]</sup>等分析了基于 Markov - CA 的土地利用/土地覆盖变化动态模型并进行了验证;李忠锋<sup>[9]</sup>等利用 RS 与 GIS 分析榆林地区土地利用变化情况,得出该地区土地利用类型发生了显著变化;Xiaohe Gu 等<sup>[10]</sup>基于遥感图像对北京地区近 30 年土地利用/覆被变化进行动态监测并结合驱动因子进行了针对性分析。漳河上游流域地区随着社会经济的快速发展,人类活动不断加剧,以及自然降雨的减少,土地利用/土地覆被变化较大,土地类型间转换频繁。为探索分析该区域多年间地表覆被变化状况,本文利用 RS、GIS 技术对该流域土地利用类型变化强度进行了分析,得出该区域土地类型基本变化趋势。

## 1 研究区概况

漳河位于海河流域西南部,属漳卫河水系一级支流,由上游的清漳河和浊漳河汇合而成。跨晋、冀、豫三省四个地级市的 22 个县(市、区),流域总面积 18 284 km<sup>2</sup>。漳河上游区域以山区地貌为主,东部为太行山脉,西部为太岳山脉,两山之间是长治盆地,面积 1 169 km<sup>2</sup>,是流域内主要农耕地。漳河流域四季分明,属温带大陆性气候。

## 2 数据与处理

### 2.1 数据获取

通过 USGS (united states Geological Survey)、中国地理空间数据云 (Geospatial Data Cloud) 获得美国陆地卫星 (Landsat - 5) 拍摄的 1993、2006、2010 年的 Landsat TM5 卫星图像(见表 1),该研究采用空间分辨率为 30 m 的 1 - 5、7 等六个波段。选取图像时,为确保数据分析效果,采用了云量低于 5%,且直接判读标志(色调、色彩、纹理、形状等)较清晰,植被生长良好、植被生长状况近似月份的图像。需要指出的是 1993 年植被长势较好的 7、8、9 月份因图像云量过大,不能满足信息提取的要求,本实验选取了相近的 6、10 两个月份的图像予以代替。辅助验证数据采用由法国发射的 spot - 5 卫星拍摄的 2011 年 5 m 分辨率遥感图像。

表 1 获取 LANDSAT - 5 数据  
Tab. 1 Landsat - 5 data acquisition

数据	数据信息		
	年份	行列号	日期
LANDSAT5	2010	124/34	8 - 15
		124/35	6 - 12
		125/34	9 - 23
		125/35	9 - 23
		124/34	9 - 05
		124/35	9 - 05
	2006	125/34	9 - 12
		125/35	9 - 12
		124/34	10 - 19
		124/35	10 - 19
		125/34	6 - 04
		125/35	6 - 04

### 2.2 数据处理方法

土地利用动态度可定量描述区域土地利用变化的速度,它对描述土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势具有较好的应用。单一土地利用类型动态度和综合土地动态度都是土地利用资源数量变化模型,本文采用单一土地利用类型动态度模型来进行研究区土地利用变化研究。单一土地利用类型动态度反映的是某一研究区域一定时期内某种土地利用类型的数量变化情况,其计算公式如下:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中, $K$  为研究时段内某一土地利用类型动态度; $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究初期及研究末期某一土地利用类型的数量; $T$  为研究时段长,当  $T$  的时段设定为年时, $K$  的值就是该研究区内某种土地利用类型的年变化率,当  $K$  为正值时,表示该类土地的年增加率, $K$  为负值时表示该类土地的年减少率; $K$  的绝对值越大说明该类土地年变化率越大。转移矩阵可全面而又具体地分析区域土地利用变化的结构特征与各用地类型变化的方向。该方法来源于系统分析中对系统状态与状态转移的定量描述,为国际、国内所常用<sup>[11]</sup>。ENVI 软件具备该项分析功能模块,本项目采用该模块进行应用分析,提出了该区域土地利用类型间的转换关系。

## 3 漳河上游地区土地覆盖变化特征

### 3.1 土地覆盖类型图

利用 ENVI 软件进行数据预处理,以现场采集

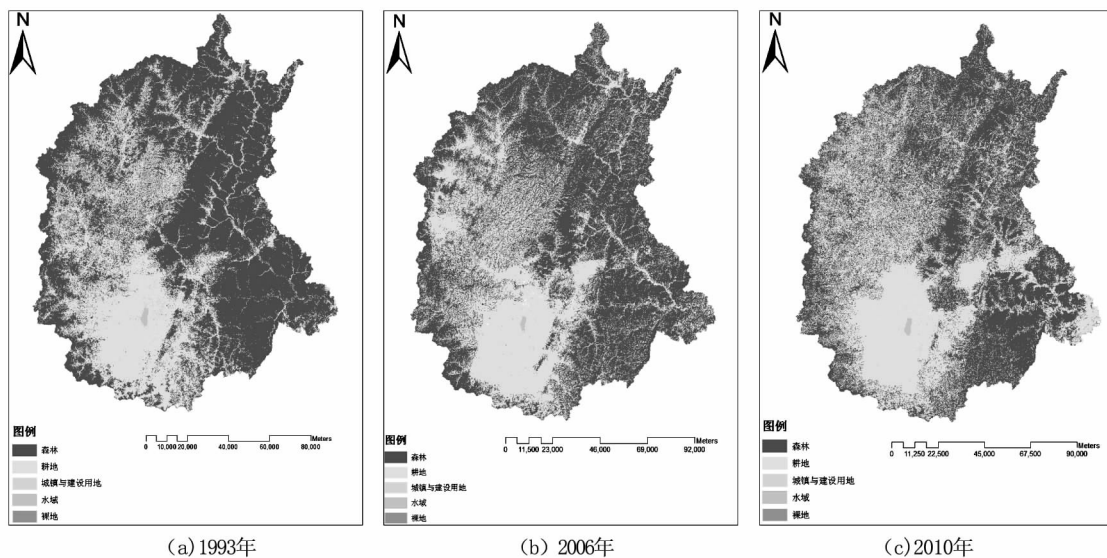


图1 漳河上游流域土地利用类型图

Fig.1 Land cover map of Zhang he region

表2 漳河上游地区土地覆盖类型面积状况

Tab.2 Areas of different land cover types in Zhanghe region

年份	耕地		林地		城镇与建设用地		水域		裸地	
	面积/ km <sup>2</sup>	比例/ %	面积/ km <sup>2</sup>	比例/ %	面积/ km <sup>2</sup>	比例/ %	面积/ km <sup>2</sup>	比例/ %	面积/ km <sup>2</sup>	比例/ %
1993	4 768.8	27.15	9 928.07	56.52	231.83	1.32	148.2	0.844	2 488.13	14.16
2006	4 411.91	25.12	10 443.32	59.46	271.21	1.54	156.52	0.89	2 282.07	12.99
2010	4 357.57	24.8	10 584.9	60.26	303.81	1.73	171.73	0.98	2 147.02	12.22

和 SPOT5 目视解译结果为训练和验证样本,针对该研究区域选取了 600 个样本,并按照 2:1 的比例进行分配,其中训练样本、验证样本分别为 400、200 个。采用监督分类方法中的最大似然法(Maximum Likelihood method)进行图像分类,通过该分类方法分别提取出 1993、2006、2010 年各类土地覆盖类型的空间分布信息,如图 1。

### 3.2 土地覆盖空间格局与动态变化

#### (1) 土地覆盖类型统计分析

由表 2 可得该地区土地覆盖类型的具体变化情况,林地、耕地、裸地是漳河上游流域主要土地利用类型,城镇与建设用地、水域占地面积较小,两者占地面积不足 2%。1993 - 2010 年,林地、城镇与建设用地及水域占地面积均呈增加趋势,但耕地、裸地情况相反;1993 - 2006 年,耕地减少面积最大,减少了 356.89 km<sup>2</sup>,占总面积的比例下降 2%;林地、城镇与建设用地、水域 3 种类别占地面积均增加,其中林地面积增加量最大,增加了 515.25 km<sup>2</sup>,城镇与建设用地和水域增加面积分别为 39.38、8.32 km<sup>2</sup>;2006 - 2010 年之间,裸地面积减少量最大,减少 135.05 km<sup>2</sup>;耕地面积减少幅

度相对于前 14 年有所减缓,耕地面积减少 54.34 km<sup>2</sup>。林地、城镇与建设用地和水域仍保持增加趋势,分别增加 141.58、32.6、15.21 km<sup>2</sup>。

#### (2) 土地覆盖类型变化分析

由表 3 和图 1 可知,1993 - 2006 年间漳河上游流域土地覆盖类型变化情况:林地、城镇与建设用地、水域占地面积呈增加趋势,其中林地面积增加 515.25 km<sup>2</sup>,增加面积占林地现状面积的 4.93%,林地面积变化速度 36.80 km<sup>2</sup>/y;城镇与建设用地面积增加 39.38 km<sup>2</sup>,增加面积占城镇与建设用地现状面积的 14.52%;年变化速度为 2.81 km<sup>2</sup>/y;水域面积增加 8.32 km<sup>2</sup>,增加面积占水域现状面积的 14.52%,年变化速度达 0.594 km<sup>2</sup>/y;耕地、裸地占地面积呈减少趋势,其中耕地面积减少 356.89 km<sup>2</sup>,减少面积占耕地现状面积的 8.1%,年变化速度为 -25.49 km<sup>2</sup>/y;裸地面积减少 206.06 km<sup>2</sup>,减少面积占裸地现状面积的 9.03%,年变化速度为 -14.72 km<sup>2</sup>/y。

2006 ~ 2010 年间,漳河上游流域土地利用变化情况:该时间段内各土地类型变化趋势未变,但变化幅度发生一定改变:林地面积增加 141.58 km<sup>2</sup>,增加面积占林地现状面积的 1.34%,

表 3 1993、2006、2010 年漳河上游流域土地覆盖类型转移速度

Tab. 3 Transfer speed of different land cover types in Zhanghe region during 1993 - 2010

土地利用类型		林地	耕地	城镇与建设地	水域	裸地
1993 - 2006	变化面积/km <sup>2</sup>	515.25	-356.89	39.38	8.32	-206.06
	变化率/%	4.93	-8.1	14.52	5.32	-9.03
2006 - 2010	变化面积/km <sup>2</sup>	141.58	-54.34	32.6	15.21	-135.05
	变化率/%	1.34	-1.25	10.73	8.86	-0.063

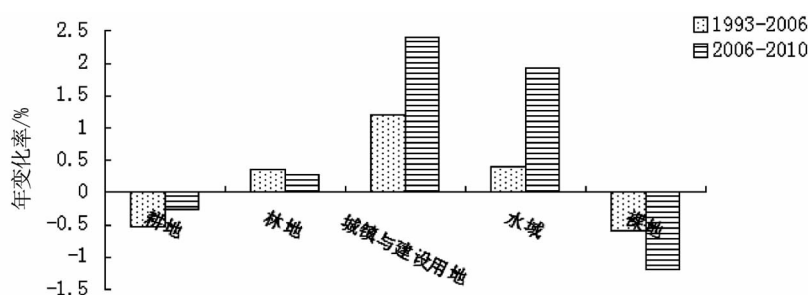


图 2 1993-2010年漳河上游流域单一土地利用类型年变化率

Fig. 2 Annual variation rate of the single land use in Zhanghe region during 1993-2010

林地面积变化速度达  $28.316 \text{ km}^2/\text{y}$ ; 城镇与建设用地面积增加  $32.6 \text{ km}^2$ , 增加面积占城镇与建设用地现状面积的  $10.73\%$ , 年变化速度为  $6.52 \text{ km}^2/\text{y}$ ; 水域面积增加  $15.21 \text{ km}^2$ , 增加面积占水域现状面积的  $8.86\%$ , 年变化速度达  $3.042 \text{ km}^2/\text{y}$ ; 耕地面积减少  $54.34 \text{ km}^2$ , 减少面积占耕地现状面积的  $1.25\%$ , 年变化速度为  $-10.868 \text{ km}^2/\text{y}$ ; 裸地面积减少  $135.05 \text{ km}^2$ , 减少面积占裸地现状面积的  $1.34\%$ , 年变化速度为  $-27.01 \text{ km}^2/\text{y}$ 。

由本文 2.2 中公式求得漳河上游流域单一土地利用类型年变化率, 见图 2。由该图可知: 1993 - 2006 年, 城镇与建设用地的变化率最大, 城镇与建设用地的年增加率为  $1.213\%$ , 其次为裸地, 该地类年减少率为  $-0.592\%$ ; 2006 - 2010 年间, 耕地、林地年变化率较低, 其中耕地年变化率最小为  $-0.246\%$ ; 林地年增加率为  $0.271\%$ ; 水域年变化率呈上升趋势, 由  $0.401\%$  变为  $1.944\%$ ; 城镇与建设用地的年变化率仍为最大, 并且有上增趋势, 为  $2.404\%$ ; 裸地的年减少率由 1993 - 2006 年的  $-0.592\%$  变为 2006 - 2010 年间的  $-1.184\%$ ; 表明漳河上游流域土地类型变化幅度较大, 城镇与建设用地尤为突出。

### 3.3 土地覆盖类型的时空变化

单纯从面积的变化来看, 很难揭示土地利用的内部结构变化, 为更好地揭示各种土地利用类型的内部变化特征, 采用土地利用转移矩阵定量说明土地利用类型之间的相互转化状况, 分析区

域土地利用变化特征<sup>[12]</sup>。

利用 ENVI 的动态监测功能中的分类比较法工具—Change Detection Statistics 和流程化动态监测工具—Thematic Change Workflow, 对 1993、2010 年两期土地覆盖分类结果进行动态监测: 获得该地区土地利用的变化类型、面积、百分比等变化矩阵信息(表 4), 该矩阵可以反映出漳河上游地区不同时期土地覆盖类型的转变过程; 并得到 1993 - 2010 年间, 漳河上游地区土地覆盖类型空间转换情况(图 3)。由表 4 和图 3 得出, 该流域土地覆盖的时空变化特点如下:

(1) 总面积情况: 1993 年, 漳河上游地区五种地型的占地面积分别为水域  $148.2 \text{ km}^2$ , 城镇与建设用地  $231.83 \text{ km}^2$ , 森林占地面积为  $9928.07 \text{ km}^2$ , 耕地  $4768.8 \text{ km}^2$ , 裸地  $2488.13 \text{ km}^2$ ; 2010 年, 各地类占地面积分别为, 水域  $171.73 \text{ km}^2$ , 城镇与建设用地  $303.81 \text{ km}^2$ , 森林占地面积为  $10584.9 \text{ km}^2$ , 耕地  $4357.57 \text{ km}^2$ , 裸地  $2147.02 \text{ km}^2$ 。

(2) 不同时期同种地型的差别: 从 1993 ~ 2010 年, 水域面积增加  $23.53 \text{ km}^2$ , 城镇与建设用地增加  $71.98 \text{ km}^2$ , 森林占地面积变化量最大, 相比 2010 年, 增加  $656.83 \text{ km}^2$ ; 耕地占地面积和裸地面积均呈减少趋势, 其中裸地减少量最大, 减少面积为  $411.23 \text{ km}^2$ , 耕地面积减少  $341.11 \text{ km}^2$ 。

(3) 土地类别转移情况: 1993 - 2010 年间, 耕地面积转移量最大, 面积为  $2114.19 \text{ km}^2$ , 其中耕地面积主要转变为林地, 转移面积为  $1537.34 \text{ km}^2$ , 其次为裸地  $400.13 \text{ km}^2$ , 少量转变

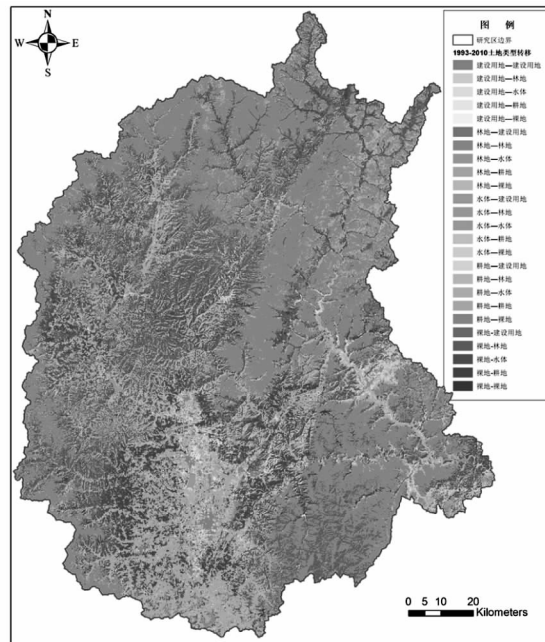


图3 漳河上游地区1993-2010年土地覆盖类型空间转换

Fig. 3 Spatial conversion of different land cover types in Zhanghe region during 1993-2010

表 4 1993 ~ 2010 年漳河上游流域土地利用类型转移矩阵 (km<sup>2</sup>)Tab. 4 Transfer matrix of different land use types in Zhanghe region during 1993 ~ 2010 (km<sup>2</sup>)

		1993							
单位/km <sup>2</sup>	水域	建筑用地	林地	裸地	耕地	列和	类和		
2010	水域	73.01	15.33	23.99	11.25	48.15	171.73	171.73	
	建筑用地	6.24	92.02	30.81	46.17	128.57	303.81	303.81	
	林地	28.56	31.56	7 821.26	1 166.18	1 537.34	10 584.9	10 584.9	
	裸地	4.52	9.04	1 183.92	549.41	400.13	2 147.02	2 147.02	
	耕地	35.87	83.88	868.09	715.12	2 654.61	4 357.57	4 357.57	
	类和	148.2	231.83	9 928.07	2 488.13	4 768.8	0	0	
	类变化	75.19	139.81	2 106.81	1 938.72	2 114.19	0	0	
	转移量	23.53	71.98	656.83	-341.11	-411.23	0	0	

为城镇与建设用地和水域,分别为 128.57、48.15 km<sup>2</sup>;水域面积转出 75.19 km<sup>2</sup>,主要转变为林地和耕地,面积分别为 35.87、28.56 km<sup>2</sup>,少量转变为城镇与建设用地和裸地;林地面积转出 2 106.81 km<sup>2</sup>,其面积转移量仅次于耕地,林地主要转变为裸地,面积为 1 183.92 km<sup>2</sup>,868.09 km<sup>2</sup>的林地转入耕地,少量林地面积转入水域和城镇与建设用地;139.81 km<sup>2</sup>的城镇与建设用地转入其他土地类别,主要转变为耕地,面积为 83.88 km<sup>2</sup>,另外 31.56 km<sup>2</sup>转入林地,少量转入水域和裸地;裸地转出 1 938.72 km<sup>2</sup>,主要转入林地和耕地,面积分别为 1 166.18、715.12 km<sup>2</sup>,少量转移到水域 11.25 km<sup>2</sup>、城镇与建设用地 46.17 km<sup>2</sup>。

#### 4 结论

1) 耕地、林地为漳河上游流域土地利用的主

要类型。1993-2010年,林地、水域、城镇与建设用地均呈递增趋势,但耕地和裸地呈递减趋势。

2) 近18年,漳河上游地区不同地类转移频繁且复杂,土地利用变化强度较大,其中耕地面积大幅度降低,且主要转化为林地,少部分转变为水体;同时 1 695.65 km<sup>2</sup>其他土地类别转入耕地,主要来自林地与裸地。表明该时期漳河上游流域耕地转化较活跃,生态环境得到一定改善,土地利用强度增大,实施垦荒种田。

3) 1993-2010年,漳河上游区域林地面积呈增加趋势,耕地与裸地为主要补充来源,说明该地区实施退耕还林政策,大力倡导植树造林、发展林业;同时城镇与建设用地、水域用地呈不同程度增加,说明人类活动加剧,城市化进程加快,人口压力增大,对该地区的生态环境产生一定压力;大量水渠、水库的修建改变该地区的土(下转第90页)

## 4 结论

文章提出的并行 I/O 模式,时间消耗最少,且效率稳定,随着节点的递增可以保持良好的加速比。但在编写并行 I/O 程序时比较复杂,需要对文件系统有详细的了解方能在保证数据正确的前提下成功应用。

### 参考文献:

- [1]穆望舒.海洋数值预报产品综合处理平台开发研究[D].上海:华东师范大学,2014.
- [2]GUO CHENG,LU LIU,NING JING,et al. General purpose optimization method for parallelization of digital terrain analysis based on cellular automata [J]. Computers & Sciences,2012,45(8):57-67.
- [3]李亮,聂瑞华.高性能计算平台的 I/O 性能测试与分析[J].计算机与现代化,2011,29(5):160-164.
- [4]董文睿,刘光明,刘欣.高强度 I/O 的应用对并行存储系统的挑战和解决方法研究[J].计算机研究与发展,

2012,49(Z1):47-52.

- [5]晏益慧,张辉.高性能计算机性能评测基准 HPC 应用研究[J].计算机工程与科学,2009,31(1):279-282.
- [6]于忠亮.并行计算中的 I/O 问题研究[D].呼和浩特:内蒙古大学,2010.
- [7]HUANG WEIJIAN,NIU PEI,DU WEI. Technology to water quality forecasting model of Jiao Zhou Bay [J]. World Journal of Engineering,2011,12(4):395-399.
- [8]DENNIS J M,EDWARDS J,LOY R,et al. An application-level parallel I/O Library for Earth system models [J]. International Journal of High Performance Computing Applications,2012,26(1):43-53.
- [9]张武生,薛巍,李建江,等. MPI 并行程序设计实例教程[M].北京:清华大学出版社,2009.
- [10]周建鑫,陈莹,熊伟,等.地理栅格数据并行 I/O 的研究与实现[J].地理信息世界,2013,20(6):62-65.

(责任编辑 王利君)

(上接第 80 页)

地利用类型,对生物及周围环境产生一定影响。在未来建设中可继续鼓励正确的植树造林、植草,加强该地区蓄水能力,减缓地下水开采;减缓城市化进程,保护道路及水渠、水库附近的植被。

### 参考文献:

- [1]王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999,18(1):81-87.
- [2]傅伯杰,陈利顶,马克明.黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响[J].地理学报,1999,54(3):241-246.
- [3]朱运海,张百平,曹银璇,等.土地利用/覆被变化遥感检测方法与应用分析[J].地球信息科学,2007(3):116-122.
- [4]HAO HUI MEI. Land use/land cover change(LUCC) and eco-environment response to LUCC in Farming-Pastoral Zone,China[J]. Agricultural Sciences in China,2009(1):91-97.
- [5]黄宝荣,张慧智,王学志.城市扩张对北京市城乡结合

部自然和农业景观的影响——以昌平区三镇为例[J].生态学报,2014(22):6756-6766.

- [6]陈松林.基于 GIS 的土壤侵蚀与土地利用关系研究[J].福建师范大学学报:自然科学版,2000(1):106-109.
- [7]邹亚荣,张增祥,周全斌,等.基于 GIS 的土壤侵蚀与土地利用关系分析[J].水土保持研究,2002(1):67-69.
- [8]陈龙泉,郑海金.基于 Markov-CA 的土地利用/土地覆盖变化动态模型研究[J].测绘信息与工程,2004(1):36-38.
- [9]李忠锋,王一谋,冯毓菘,等.基于 RS 与 GIS 的榆林地区土地利用变化分析[J].水土保持学报,2003(2):97-99.
- [10]GU XIAOHE. Dynamic monitoring and driving power analysis of LUCC based on remote sensing in Beijing in recent thirty years[J]. SPIE,2013,89(21):1-9.
- [11]史培军.土地利用顺盖变化与生态安全响应机制[M].北京:科学出版社,2004.
- [12]赵东波,梁伟,杨勤科,等.陕北黄土丘陵区近 30 年来土地利用动态变化分析[J].水土保持通报,2008,28(2):22-28.

(责任编辑 王利君)