

基于遥感的临安市土地利用变化及驱动力分析

顾 蕾¹, 吴春骏¹, 王 鑫²

(1. 浙江林学院 经济管理学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江林学院 环境科技学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 以浙江省临安市为研究区, 利用 1991 年、1998 年和 2007 年 3 期遥感获取资料和地形图, 对土地利用变化特征、动态度以及各种土地利用类型的转移变化进行探讨分析, 并结合自然、社会经济和制度等因素分析了研究区土地利用变化的驱动力。结果表明: 临安市土地利用结构变化表现为耕地锐减, 建设用地大幅增加, 林地小幅减少, 水域略增。研究区土地利用程度、动态度以及各土地利用类型的转移程度差异较大。图 1 表 4 参 11

关键词: 遥感; 土地利用变化; 驱动因素; 浙江省临安市

中图分类号: S7-05; F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2009)06-0870-07

Land utilization pattern changing and driving force analysis based on remote sensing data in Lin'an

GU Lei¹, WU Chun-jun¹, WANG Xin²

(1. School of Economics and Management, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. School of Environmental Sciences and Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Lin'an City of Zhejiang Province was selected as a case study to help understand change of land utilization pattern, dynamic degree, and transfer matrix of all land utilization types. We studied remote sensing data from 1991, 1998 and 2007 and topographic maps. And by analyzing the natural condition, economy and social system of Lin'an City, we want to get the change driving force of land utilization pattern. The results showed that farmland coverage declined sharply, forest coverage went low too, but building lot coverage increased greatly, and waterbody added a little. There were obvious difference in land utilization degree, dynamic degree, and transfer degree of land utilization types in Lin'an City. [Ch, 1 fig. 4 tab. 11 ref.]

Key words: remote sensing; change of land utilization patterns; driving factors; Lin'an City of Zhejiang Province

随着全球气候变化研究的深入和发展, 各国科学家逐步认识到人类活动对环境变化的影响, 尤其人类的生存与发展对土地的开发利用以及引起土地利用变化所带来各方面的巨大影响。土地利用/土地覆被(盖)变化(LUCC, land-use and land-cover change)已成为全球环境变化和可持续发展研究的一个基本组成部分。因此, 研究土地利用变化及其驱动机制有助于环境和发展的综合决策^[1]。中国近 30 a 来迅速发展的工业化和城市化急速改变着各地原有的土地利用类型, 特别是沿海发达地区。土地利用的变化, 不仅对中国粮食生产造成重大影响, 同时也影响环境和气候。本研究以浙江省临安市为研究区, 采用 7 ~ 10 a 为间隔期, 选取了中国经济发展出现较大转折, 从而对土地利用变化产生较大影响的 1991 年、1998 年和 2007 年进行比较, 利用地形图和 3 期 TM(thematic mapper)遥感影像资料, 结合其他相关数据对浙江省临安市土地利用的时空变化情况进行了深入研究, 并进一步分析了经济快速

收稿日期: 2009-04-24; 修回日期: 2009-09-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30771725)

作者简介: 顾蕾, 副教授, 从事农林业经济学等研究。E-mail: gulei@zjfc.edu.cn

发展背景下临安市土地利用变化的主要驱动因素，以期为土地利用决策者及时全面地掌握土地利用的变化信息，为土地资源的合理开发利用提供依据。

1 研究区域及研究方法

1.1 研究区概况

浙江省临安市位于浙江省西北部， $29^{\circ}56' \sim 30^{\circ}23' N$ ， $118^{\circ}51' \sim 119^{\circ}52' E$ ，东临杭州市余杭区，南连浙江富阳、桐庐和淳安，西接安徽歙县，北靠浙江安吉。土地面积为 $3\,126.8\text{ km}^2$ ，辖 26 个乡镇（街道），是一个典型的山多田少的山区市。临安市域东西长达 100 km ，中心城区偏于市域东部。其地形西北高东南低，差别悬殊。西北南三面环山，向东呈马蹄形开口。形成了以临安市区（锦城街道）为中心，於潜镇、昌化镇为副中心，二、三产业集中于市域东部以市区为中心的城镇群及横贯市域东西的杭昱公路沿线一带的总体格局，且东部的发展水平明显高于西部地区。

自从 1978 年以来，临安市多次进入全国综合实力百强县（市）行列，是浙江省首批小康县（市），中国“竹子之乡”，中国“山核桃之乡”。随着临安市城市化、工业化的推进，临安主要以发展第一、第二产业为主，并加大投入发展第三产业。临安市具有良好的区位优势，是距沪、宁、杭大都市群最近的生态示范市，是陆地黄金旅游线的中点。临安特有的昌化鸡血石，临安“三宝”（山核桃、茶叶、笋干），竹制品等产品也一直发挥独特优势占领市场。

1.2 研究方法

本研究应用基础数据主要包括：临安市 1991 年、1998 年和 2007 年的陆地卫星 TM 图像、 $1:10$ 万地图形以及 $1:5$ 万土地利用现状图。在 ENVI (the environment for visualizing images) 环境下，采用 4, 3, 2 波段合成的假彩色影像为基本影像，以 $1:10$ 万地形图为准，采用三次多项式及最近邻插值法对遥感影像进行几何精纠正，完成投影转换及校正过程。由于 1998 年陆地卫星 TM 图像缺一个角，位置在临安市西北部岛石镇，该区基本为海拔 $1\,000\text{ m}$ 以上的山区，因此对研究临安市土地利用的变化影响不大。在以 1998 年为基准的纠正遥感影像上提取研究区有效面积为 $2\,627.94\text{ km}^2$ (图 1)。

2 土地利用变化分析

2.1 土地利用现状特征

按照中国土地利用现状调查的分类原则，全国土地利用采用二级分类系统：一级类型主要根据土地的资源 and 利用属性划分为 6 大类：耕地，包括旱地农田和水田；林地，包括有林地、灌木林地、疏林地和其他林地（主要是未成林造林地、迹地、苗圃及茶园、桑园、果园等各类园地）；草地；水域，包括河渠、湖泊、水库、滩地等；建设用地，包括城镇用地、农村

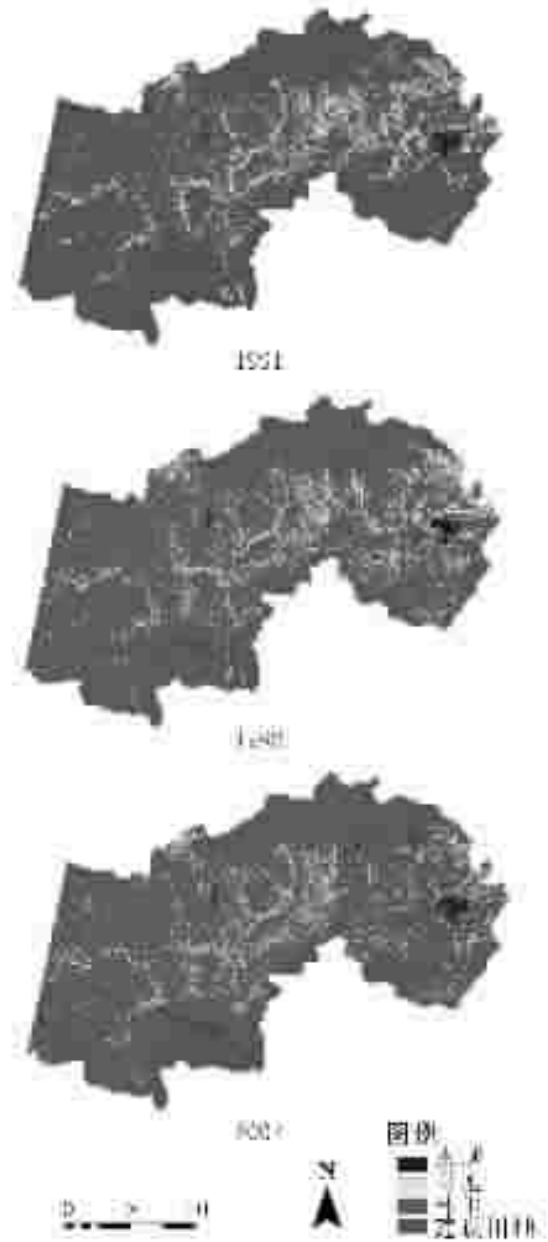


图 1 1991, 1998 和 2007 年不同时期临安土地利用类型的分类图

Figure 1 Land use types classification of Lin'an City in 1991, 1998 and 2007

居民点用地及其它诸如工交建设用地等；未利用土地，主要指还未利用地和难利用地，包括沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地和高寒荒漠等。二级类型主要根据土地资源经营特点、利用方式和覆盖特征把一级类型细分成25个类型^[2-3]。

本研究区临安市是一个典型的山多田少的山区市，极少有土地利用分类里草地类型和未利用土地类型大面积的存在。因此，结合当地实际情况，分为林地、水域、耕地和建设用地等四大类。利用遥感影像及到野外验证的方法选取训练样本，用最大似然法对整个研究区域进行分类。分类结果见表1。

表1 不同时期临安市土地利用类型的情况

Table 1 Land use types of Lin'an City in 1991, 1998 and 2007

土地类型	1991年		1998年		2007年	
	面积 / km ²	比例 / %	面积 / km ²	比例 / %	面积 / km ²	比例 / %
水域	22.892	0.87	27.106	1.03	31.115	1.18
林地	2 271.298	86.43	2 227.734	84.77	2 201.600	83.78
耕地	266.387	10.14	240.696	9.16	194.280	7.39
建设用地	67.363	2.56	132.404	5.04	200.946	7.65
总计	2 627.940	100	2627.940	100	2627.941	100

说明：数据根据遥感影像计算整理。

由不同时期临安市土地利用类型情况(表1)表明，临安市在1991-2007年，土地利用结构发生了较大的变化，水域、建设用地呈增长趋势，其中建设用地增长幅度较大；林地、耕地表现出减少趋势，特别是耕地表现出锐减的趋势。

从各个时期土地结构类型比例来看，在1991年和1998年的土地利用结构中林地的比例最大，分别为86.43%和84.77%；其次是耕地，为10.14%和9.16%；第三是建设用地，为2.56%和5.04%；水域则是最小，只占0.87%和1.03%。

在2007年的土地利用结构中，林地依然占据很大比例，占有83.78%；而建设用地上升到了第2位，占7.65%；耕地面积则减少了较多，只占了7.39%；水域所占的比例最少，只有1.18%。

2.2 土地利用变化动态度分析

土地利用动态度可定量描述某一研究区域一定时间范围内某种土地利用类型变化的速度，它对比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用^[4-5]。其表达式为 $K = (U_a - U_b) / U_a \times (1 / T) \times 100\%$ 。其中， K 为土地利用类型变化的动态度， U_a 和 U_b 分别为研究期初及研究期末某一土地利用类型的数量， T 为研究时段长，本研究时段设定为1991-1998年、1998-2007年和1991-2007年3个时段。当 T 的时段设定为 a 时， K 值就是该研究区某种土地利用类型年动态度(表2)。

从土地利用变化动态度中可以看出，1991-1998年，动态度即土地利用的变化速度(绝对值)由大

表2 不同时期临安市土地利用变化的动态度分析

Table 2 Dynamic analysis of land use change of Lin'an City in 1991-1998, 1998-2007 and 1991-2007

土地类型	1991-1998		1998-2007		1991-2007	
	动态度 / %	年动态度 / %	动态度 / %	年动态度 / %	动态度 / %	年动态度 / %
水域	-18.41	-2.63	-14.79	-1.64	-35.92	-2.25
林地	1.92	0.27	1.17	0.13	3.07	0.19
耕地	9.64	1.38	19.28	2.14	27.07	1.69
建设用地	-96.55	-13.79	-51.77	-5.75	-198.30	-12.39

说明：“-”号表示增加。

到小依次为建设用地、水域、耕地和林地，这一阶段特别是建设用地，增长达到了 96.55%，年增长率为 13.79%。从 1998 - 2007 年期间，动态由大到小为建设用地、耕地、水域和林地，这一阶段的主要特点是建设用地继续保持大幅增加，而耕地锐减。

建设用地在第二阶段比第一阶段增长速度有减缓之势，年增长率由 13.79% 减缓为 5.75%；耕地面积在第二阶段大量减少，年减少率由 1.38% 上升为 2.14%；总体上看，1991-2007 年期间，研究区的土地利用变化强度较大。

2.3 土地利用变化的转移率分析

土地利用类型之间的转化是一个动态过程^[6]，为进一步确立土地利用类型间的转移方向，对不同时期遥感图像的分类结果进行运算，得出 1991 - 1998 年和 1998 - 2007 年间临安市各土地利用类型之间的转移量和转移率，从而进行土地利用的转移变化分析(表 3 ~ 4)。

表 3 1991 - 1998 年临安市土地利用类型转移矩阵

Table 3 Transfer matrix of land use types of Lin'an City in 1991 - 1998

1991年	1998年				
	水域	林地	耕地	建设用地	面积总计
水域面积/km ²	21.655	0.237	0.108	0.892	22.892
转移率/%	94.600	1.030	0.470	3.900	100.000
林地面积/km ²	4.758	2 178.372	53.600	34.567	2 271.297
转移率/%	0.210	95.910	2.360	1.520	100.000
耕地面积/km ²	0.623	48.587	186.395	30.783	266.388
转移率/%	0.230	18.240	69.970	11.560	100.000
建设用地面积/km ²	0.069	0.538	0.593	66.163	67.363
转移率/%	0.100	0.800	0.880	98.220	100.000
面积总计	27.105	2 227.734	240.696	132.405	2 627.940

说明：数据来源根据遥感影像计算整理。

表 4 1998 - 2007 年临安市土地利用类型转移矩阵

Table 4 Transfer matrix of land use types of Lin'an City in 1998 - 2007

1998年	2007年				
	水域	林地	耕地	建设用地	面积总计
水域面积/km ²	26.984	0.092	0.003	0.028	27.107
转移率/%	99.546	0.339	0.011	0.103	100.000
林地面积/km ²	2.327	2 163.950	24.508	36.949	2 227.734
转移率/%	0.104	97.137	1.100	1.659	100.000
耕地面积/km ²	1.532	37.332	169.233	32.599	240.696
转移率/%	0.636	15.510	70.310	13.544	100.000
建设用地面积/km ²	0.272	0.226	0.536	131.370	132.404
转移率/%	0.205	0.171	0.405	99.219	100.000
面积总计	31.115	2 201.600	194.280	200.946	2 627.941

说明：数据根据遥感影像计算整理。

由表3和表4可以看出,第一个显著现象是耕地面积显著减少,耕地主要向林地和建设用地转化。1991-1998年期间耕地转变为林地的转移率达到18.24%;耕地转变为建设用地的达到11.56%。相比较在1998-2007年期间耕地转移为林地的达到15.51%,比前一阶段减少;耕地转变为建设用地的达到13.544%,比前一阶段增加。

第二个比较突出的现象是建设用地始终处于增长阶段。1991-1998年期间,建设用地增加了65.041 km²,从转变来源看,林地和耕地是主要转入对象,转入面积分别为34.567 km²和30.783 km²。1998-2007年期间建设用地增加了68.542 km²,林地和耕地的转入面积分别为36.949 km²和32.599 km²。

总之,在1991-2007年期间,研究区土地利用变化以耕地和林地向建设用地转变、以及耕地和林地之间的互相转移为主,耕地面积急剧减少,建设用地大量增加,林地转出比转入面积略有增加,而水域转出比转入面积略少。

3 土地利用变化的驱动力分析

3.1 自然因素

自然环境条件是土地利用分布的基础条件,在土地利用类型转换过程中,具有不同的作用,可以分为2种情况。首先,在土地利用类型转换期间内,某种自然因素起到约束作用。其二,在土地利用类型转换期间内,某种自然因素的变化具有促进土地利用类型发生转换的作用^[7]。对于一个城市来说,城市土地利用变化实质上是各种资源在城市地域空间上的不断重新配置组合。城市地貌系统与结构对城市用地选择、功能区组织和规划布局等都具有强烈的控制作用。临安市是一个比较典型的山多田少的山区城市,域东西长达100 km,其地形西北高东南低,差别悬殊。西北、西南部山区平均海拔都在1 000 m以上,而东部锦城镇以东大部分是海拔50 m以下的河谷平原。西北南三面环山,向东呈马蹄形开口。一方面,这样的地貌使得耕地在研究区的分布比较分散,大部分集中在城镇周围地势比较低的地区,而这些地区的耕地正是转变建设用地的来源对象。因此,人们在合理的范围内开垦耕地来建设城市。同时研究区的西部、西南、西北等高地势山区容易发生水土流失和泥石流滑坡自然灾害,在治理这些自然灾害过程中,人们不断地种植可以防治自然灾害的林地。另一方面,研究区虽然地处中亚热带季风气候区,但由于大部分山区地势较高,山区里的高山低温的天气不适合耕地农作物的种植和生长,使得大量的耕地转变为种植相对比较适应当地气候的竹子、经济林木等,而实际的调查过程也有一些不是人为改变的耕地而转变为自然生长的林地,因此,从实际的结果来看,表现出耕地向建设用地和林地的转变。

3.2 社会经济因素

社会经济的发展及人口增长推动着城市化进程,是城市扩展的基本动力,城市化通过人口、产业集中和地域扩散占用土地,使土地利用非农业,还通过生活方式和价值观念的扩散改变原来的土地利用结构,而大量的耕地与较低地势的林地等土地类型成为城乡建设用地所占用的对象^[8]。

3.2.1 人口增长 从事生产和生活活动无时无刻不在利用土地,如果把土地利用视作一个开放性的系统整体,人口则是该系统结构的组织者、参与者,同时还是系统输出产品的消费者。人可以通过生产技术和活动方式来调节土地利用系统结构,同时作为参与者也占有一定面积的土地用来居住;最后,还作为消费者,消耗土地利用系统的产品。1991-2007年,临安市常住人口由497 154人迅速增长到526 411人,随着人口的增长,人口密度的提高,必然导致增加对住房及公共用地的需要,加之近年来农村人口不断向城市转移,城区居民用地不断增长,从而推动城市用地范围进一步扩展及其用地结构的相应变化。居民用地扩张的原因主要来自人口数量增长、人口密度变化以及人均居住用地面积增加。

3.2.2 城市化和工业化发展 工业化和城市化是现代经济社会发展2种不同过程,它们通过产业集中、地域扩散占用土地来使土地利用非农化来改变原来的土地利用结构^[10]。研究期间临安市经济发展迅速,国内生产总值(GDP, gross domestic product)由1991年的11.8亿元迅速增长到2007年的195.4

亿元。从工业化程度看,国内生产总值三次产业结构由 1991 年的 34.3% : 44.3% : 21.4% 改变为 2007 年 10.2% : 60% : 29.8%,从工业化的初级阶段进入到工业化中后期阶段。随着工业化的演进带动了城市化程度的提高,城市的扩展需要不断地征用城镇周围优质的耕地和林地转变为大量的建设用地。城市化和工业化的发展使社会产业结构发生了调整,工业企业数量不断增加,占用土地的数量也在不断增加。城乡建设用地的增加除了由于人口增长,市区、农村居民点不断扩建,公共基础设施日趋完善外,还与各种经济开发区、工业区的兴起有着密切的关系。尤其是以锦城镇为核心在四周辐射区建设了青山、玲珑、化龙、板桥等工业区。它们不仅拓展了临安城市空间,而且通过不断地扩散来改变土地利用类型。此外,交通作为人流、物流的主要载体,对城市扩展起着重要的带动作用。随着城市内交通设施的建设、城乡道路的完工、省道和高速公路的通车,也拉大了城市框架,致使开垦了不少耕地和林地,产生了土地利用类型的转移。

3.2.3 经济收入 临安市作为一个林地占 85% 以上的山区市,农民的收入主要来自于山上的林产品,从 1991 年到 2007 年,农民人均纯收入由 1 214.00 元上升到 8 852.00 元,其中主要是茶叶、笋干、山核桃和鲜笋等农林产品。由于这几种经济作物效益高,人们就在经济利益的驱动下大量地转变土地类型,山区每户少量分散的耕地,由于传统的粮食作物收入低,而临安传统的“三宝”收入高,使得不少耕地向林地转化,特别是竹子,临安山区农民 60% 的收入来自于竹产业,“耕地林用”的现象非常普遍;同时由于临安特有的高山气候,高山蔬菜、高山花卉的发展也产生了林地向耕地的转移。其次开始于 20 世纪 90 年代的临安旅游业的“二次创业”及富有特色的临安农家乐发展,也促进了土地类型的转化。

3.3 制度因素

制度作为一种激励机制制约或助长城市土地利用变化,另一方面,制度对城市土地利用类型的形成分化起着导向作用^[11]。本研究选定 1991 年、1998 年和 2007 年这 3 个年份,是与当时国内宏观政策环境相关联的。首先,1978 年以来,国家先后实行了以农户为单位的农田承包责任制和推广了荒坡、养殖水面与小流域治理开发承包责任制,以及城镇国有土地使用制度改革,大大调动了土地经营者的积极性。不仅土地利用的程度有所提高,而且土地利用的结构也有了明显的优化。进入 20 世纪 90 年代以后,社会主义市场经济成为中国经济体制改革的方向和目标,对中国经济改革与社会进步起到了关键的推动作用,成为我国市场经济发展历程中一个最重要的里程碑。举国上下建设速度加快,大量的土地转移为建设用地,这也是临安在这一阶段的建设用地大幅增长的原因之一。20 世纪 90 年代末国家实施“退耕还林”工程,临安市有部分耕地退耕转变为林地,据统计,1999 年至 2006 年,临安市共有 2 096.73 hm² 土地退耕还林。另一方面,随着改革和城市化建设的深入,大量的耕地被占用引发了粮食安全问题,政府相应出台了保护耕地的造田造地、建设用地的复垦、土地整理和还耕等政策,从林地、建设用地向耕地的转移能明显反映了这类政策的作用。

新世纪以来,随着城市化和工业化建设推进,临安市政府通过城市规划、土地利用总体规划以及各项土地政策来影响土地利用结构的调整,进而影响城乡结合的用地结构,出台的经济发展战略,“工业强市”“招商引资”等多项兴建工业区和招商引资的政策,大批开发高中档住宅小区,出现“开发区热”“房地产热”“建房、建路热”的现象。这些政策对土地的开垦和转变也起到了促进作用。

4 结论与建议

综上所述,临安市 17 a 来,土地利用的变化强度较大,表现为耕地锐减,建设用地大幅增加,林地小幅减少,水域略增的情况。随着城市化和工业化的推进,公共设施的增加和完善使得建设用地外延扩张剧烈,建设用地占用了较多的耕地和地势较低的优质林地(主要是园地),必然会给耕地保护和环境保护带来极大的挑战。因此,临安市政府要因地制宜地编制土地利用总体规划,强化土地利用年度计划对土地的控制和引导,防止耕地的大量减少。同时,构建土地的节约、集约利用的保障体系,控制建设用地增量,盘活土地存量;严格控制房地产等行业过热的投资增长,坚决查处违法、违规用地,严禁通过各种违法形式占用耕地,尤其是在青山湖区域要严格控制对耕地和林地的占用与发

开;要引导企业向生态工业园区集中,发挥产业集聚效应,减少低水平的重复建设和对耕地不必要的占用。

参考文献:

- [1] 陈百明. 试论中国土地利用和土地覆被变化及其人类驱动力研究[J]. 资源科学, 1997, **19** (2): 31 - 36.
CHEN Baiming. Studies on land use and land cover change in china and man's driving force upon it [J]. *Resour Sci*, 1997, **19** (2): 31 - 36.
- [2] 李秀彬, 张增祥, 刘纪元, 等. 20世纪90年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 241 - 243.
- [3] 葛静茹, 秦安臣, 赵雄伟, 等. 叠加分类及其在冀太行山区土地利用类型遥感解译中的应用[J]. 浙江林学院学报, 2007, **24** (6): 681 - 685.
GE Jingru, QIN Anchen, ZHAO Xiongwei, *et al.* Overlay classification and its application in the remote sensing interpretation of land-use types in Taihangshan area, Hebei [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2007, **24** (6): 681 - 685.
- [4] 刘纪远, 布尔敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究[J]. 第四纪研究, 2000, **20** (3): 229 - 239.
LIU Jiyuan, BUHEAOSIER. Study on spatial-temporal feature of modern land-use change in China: using remote sensing techniques [J]. *Quater Sci*, 2000, **20** (3): 229 - 239.
- [5] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 等. 中国土地利用时空特征分析[J]. 地理学报, 2001, **56** (6): 631 - 639.
WANG Siyuan, LIU Jiyuan, ZHANG Zengxiang, *et al.* Analysis on spatial-temporal features of land use in China [J]. *Acta Geogr Sin*, 2001, **56** (6): 631 - 639.
- [6] 张立波, 徐永杰, 刘敦森, 等. 基于遥感的县域土地利用时空变换分析——以江苏省丰县为例[J]. 淮海工学院学报, 2008, **17** (3): 66 - 69.
ZHANG Libo, XU Yongjie, LIU Dunsen, *et al.* Analysis of spatial-temporal changes of land use based on remote sensing: a case study of Fengxian County [J]. *J Huaihai Inst Technol*, 2008, **17** (3): 66 - 69.
- [7] 曾辉, 喻红, 郭庆华. 深圳市龙华地区城镇用地动态模型建设及模拟研究[J]. 生态学报, 2000, **11** (4): 567 - 572.
ZENG Hui, YU Hong, GUO Qinghua. Dynamic model construction and simulation study of town landuse for Longhua area, Shenzhen City [J]. *Acta Ecol Sin*, 2000, **11** (4): 567 - 572.
- [8] 许学强, 朱剑如. 城市地理学[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [9] 王良健, 刘伟, 包浩生. 梧州市土地利用变化的驱动力分析[J]. 经济地理, 1999, **19** (4): 74 - 79.
WANG Liangjian, LIU Wei, BAO Haosheng. Study on the driving forces of regional land use change—a case study of Wuzhou City, Guangxi [J]. *Econ Geogr*, 1999, **19** (4): 74 - 79.
- [10] 蒋文伟, 管宇, 刘彤, 等. 利用Markov过程预测安吉土地利用格局的变化[J]. 浙江林学院学报, 2004, **21** (3): 309 - 312.
JIANG Wenwei, GUAN Yu, LIU Tong, *et al.* Forecast of land use pattern change in Anji County of Zhejiang: an application of Markov process [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2004, **21** (3): 309 - 312.
- [11] 李卫海, 李阳兵, 周焱, 等. 1991 - 2006年贵阳市土地利用变化及其驱动因素分析[J]. 资源科学, 2008, **30** (12): 1890 - 1986.
LI Weihai, LI Yangbing, ZHOU Yan, *et al.* Remote sensing and GIS analysis of dynamic land use changes in Guiyang [J]. *Resour Sci*, 2008, **30** (12): 1890 - 1986.