

太湖流域上游土地利用变化机制的实证分析* ——以浙江省安吉县为例

许 刚^{1,2} 朱振国² 解晓南^{1,2}

(1: 中国科学院研究生院, 北京 100094; 2: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

提 要 近 10 年来, 太湖流域上游地区经济发展逐步趋于活跃, 受此影响, 区域人口 - 资源、环境 - 发展 (PRED) 出现了新的特点与趋势。基于上游地区土地利用/覆被变化对流域整体水环境与生态安全格局所具有的重要意义, 本文选择安吉县作为典型案例, 分析其区域土地利用的基本特征, 土地利用变化与景观格局动态的过程, 以及驱动因素与机制, 由此揭示山区土地利用/覆被变化的一般性规律, 为太湖流域上游地区经济发展与土地利用、环境保护相互协调, 提供决策借鉴与依据。

关键词 太湖流域 土地利用 景观格局 演变机制

分类号 P942.77

土地是人类赖以生存与发展的重要资源和物质保障, 在“人口 - 资源 - 环境 - 发展 (PRED)”复合系统中, 土地资源处于基础地位。而土地利用/覆被变化 (LUCC) 反映了人类与自然界相互影响与交互作用最直接和最密切的关系^[1], 并构成区域人口、资源、环境与发展问题的基本核心。随着全球环境变化对人类影响研究的深入, 土地利用与土地覆被变化相联系, 日益成为关注的焦点。1999年, IGBP 和 IHDP 发表了《LUCC 研究实施策略》^[2], 提出将土地利用过程、土地利用/覆被变化的人类响应、综合的全球和区域模型作为研究主题, 同时强调了 LUCC 研究必须与区域土地退化、水资源和贫困等可持续发展问题相联系。

太湖流域是我国人口密集、经济发达, 人地矛盾相对突出的地区, 目前正经历着剧烈的土地利用变化过程, 并由此带来一系列复杂的环境与生态效应。一般认为, 湖泊水系上游地区的土地利用/覆被变化将对流域整体的环境与生态安全格局有重大影响, 因此加强湖泊流域源头区的 LUCC 研究更具有科学价值。安吉地处太湖的源头区——浙北山区, 境内西苕溪 (县域有 84.9% 的面积属于西苕溪流域范围) 是太湖上游干流与主要供水水系, 对其区域内 LUCC 的实证分析在太湖源头区具有典型代表性。

1 土地利用的基本特征

1.1 以林地、耕地为主导的利用结构

安吉县域丘陵山地占 60% 以上, 地形呈现三面环山, 中部凹陷 (西苕溪河谷平原) 的“畚

* 国家 973 计划项目 (2002CB412310) 与中国科学院“十五”创新项目“沿海地区人地关系演化机理与调控途径研究” (KZCX2-307) 资助。

2003-08-28 收稿; 2003-12-29 收修改稿。许刚, 男, 1967 生, 副研究员。

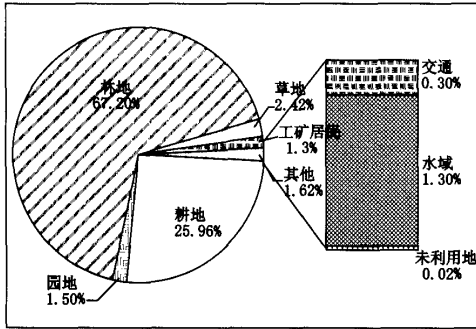
图1 安吉县土地利用结构状况(2000年)^[1]

Fig. 1 The land use structure of Anji County

箕形”盆地特征,是一个特殊的自然地理区域.根据2000年遥感图象解译的土地利用结构(图1).可以看出,安吉县土地利用类型齐全,各类用地面积从大到小依次为:林地>耕地>草地>园地>水域>工矿居民>交通>未利用地.特别是各类用地面积比例极为悬殊.林地比例最高,林地、耕地二项面积之和占全县总面积约93%;与低山丘陵面积广阔的条件不协调的是,园地与草地面积比例仅占3.92%;此外,居民点及工矿用地比例(1.3%)远低于太湖流域的平均水平(17%),同时交通用地比例偏低,显示县域交通状况不佳,空间可达性程度不高.

1.2 相对较低的开发利用强度

从土地开发利用程度看,安吉远低于太湖流域与长江三角洲土地开发利用的平均强度,而高于全国,属于中等开发强度区域(表1).因此,存在进一步开发利用的有效潜力.

表1 安吉土地开发强度及区域对比(2000年)*

Tab. 1 The land exploitation intensity of Anji County (2000)

	土地垦殖率 (%)	土地固定资产投资 强度(万元/km ²)	耕地化肥投入强度 (kg/hm ²)	土地综合产出率 (元/m ²)	粮食单产 (t/hm ²)
安吉	26.12	66.86	512.5	3.18	5.64
西苕河流域	29.73	79.2	482	3.61	5.75
太湖流域	38	918.4	570	24.65	6.6
长江三角洲	33.7	529.2	554.9	12.37	8.84
全国	14.21	29.6	430.2	0.83	5.42

* 土地综合产出率指标计算:采用GDP总值与国土面积的比值;长江三角洲与全国的数据取自1998年.

1.3 人均土地少、后备资源紧缺

安吉人口密度为237.3人/km²,远低于太湖流域(978.7人/km²)的平均分布状况,但县域人口空间分布不平衡,约25%左右的人口主要集中在平原河谷地区,因此,局部人口分布依然密集.县域人均土地面积0.28hm²,是全国平均水平的35%,人均耕地0.047hm²,已经低于国际耕地资源警戒线标准.近年来建设用地需求不断增加,年增长率为1.6%,但土地后备资源缺乏,如未利用地仅42hm²,占0.02%,且为难以利用的沙地和裸岩地,因此,增强了土地供给的难度,使人地关系处于较紧张状态.

1.4 开发利用存在较大的限制性

县域山区地质岩性复杂、土壤组成差异较大,南部山势陡峭,中部和东北部地势平缓,其中坡度超过16°面积占土地总面积的50%以上^[4],因此,土地开发利用具有山区所特有的脆弱性特征,面临多种因素的制约,主要有侵蚀、坡度与土层薄的因素制约等.在不当开发情

形下,将会造成水土流失的可能性,如据 1998 年遥感实测资料,县域水土流失面积达到 292.8 km²,约占全县国土面积的 15.5%^[5].特别是西苕溪上游的山区性河道坡陡流急,又处于浙北山区的暴雨中心,更加增强了洪水暴涨暴落的直接危险.

2 土地利用变化过程与景观空间格局分析

2.1 土地利用变化过程分析

土地利用变化包括两种基本类型,即,土地利用类型的变化和土地利用强度的变化.

2.1.1 数量变化过程 对比三期(1985 年,1995 年,2000 年)土地利用结构数据(表 2),可以看出,15 年来县域土地利用数量变化比较明显.林地、居民工矿与交通用地、未利用地增加,共增加 1984 hm²,其中林地增加量为 1685 hm²,占 84.9%;同期耕地、草地与园地减少,其中耕地减少 1549 hm²,占减少量的 78%.因此,耕地与林地的变动幅度相对较大.

以 1995 年为界,对比前后两期的土地利用变动状况,可以看出:20 世纪 90 年代中期以前,耕地大量减少,变化率远大于后期;林地增加量也很大,但后期开始少量减少;从 90 年代中期以来,草地、园地改变减少的趋势,呈现一定程度的增加;另外,居民工矿与交通等建设用地的增加幅度趋强,量上超过前 10 年的总和约 2 倍,而未利用地的增加量程度也在提高.

表 2 近 15 年来县域土地利用数量变化过程^[3]

Tab. 2 Land use change of Anji County from 1985 to 2000

土地利用类型	1985 - 1995 年		1995 - 2000 年		1985 - 2000 年	
	面积变化 (hm ²)	变化率(%)	面积变化 (hm ²)	变化率(%)	面积变化 (hm ²)	变化率(%)
耕地	-1472	-2.928	-77	-0.16	-1549	-3.09
园地	-71	-2.5	12	0.43	-59	-2.07
林地	1947	1.56	-262	-0.21	1685	1.35
草地	-401	-6.49	25	0.49	-376	-6
居民工矿、交通	103	5.68	173	9.12	276	14.8
水域	-114	-4.85	114	5.03	0	0
未利用地	8	38.91	15	55.56	23	94.49

2.1.2 土地利用强度变化 安吉丘陵山地海拔 50 m 以下的河谷平原和山麓缓坡大多被开垦为农田,其余丘陵山地为林业用地,荒山极少.近 15 年来,从单项土地利用程度指标变化看,县域土地利用强度的变化不大,特别是土地垦殖指数下降幅度仅为 0.83%;但土地产出率与复种指数有了一定程度的提高,如土地产出率增加了近 9 倍(图 2).

综合来看,近 15 年来,安吉无论是土地利用程度还是土地利用集约度均有不同程度的增加,反映了太湖流域上游地区土地利用活动趋于增强.尽管土地利用程度表现为上升趋势,但增长依然较为缓慢.

2.2 空间景观格局分析

土地利用/覆被由各种类型的单元组成,这些单元的类型、数目以及空间分布与配置称

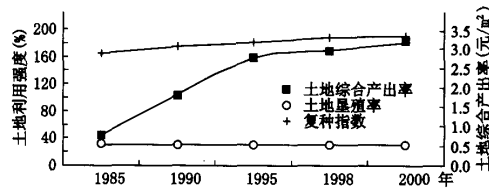


图2 安吉土地利用强度的变化情况

Fig. 2 Some land use intensity indices of Anji County

为格局,空间格局变化也是LUCC的重要表现.事实上,以景观几何特征为基础的景观格局指数可以有效地反映LUCC的空间格局^[6].

2.2.1 景观格局演变 区域景观空间格局演变由各类景观要素的动态变化所引起.根据分析需要,县域景观要素类型划分采用土地利用现状分类的一级系统,主要有耕地、林地、建设用地、水域、荒地五类要素^[8].

从20世纪80年代中期到90年代后期的近15年间,受许多小斑块相互连通变成大斑块因素的影响,安吉县域的景观斑块数目从859块减少为537块,斑块平均面积扩大了122.29 hm²,斑块平均周长扩大了近5.22 km,总体上呈现空间集中化趋势.其中,林地斑块平均面积的增大主要是由于山区发展人工竹林,使得大量小型植被斑块被转化而致.同期景观斑块形状的复杂程度都有较显著的提高,表现在景观斑块的特征指数(平均分维数、平均伸长指数和平均形状指数等)都有不同程度的增加(表3).

根据有关景观特征指数公式计算^[7],1985年与1998年景观形状指数分别是54.99和57.19,反映出景观形状的复杂程度都有一定的增加.其中,由于耕地多为因地势开发而成,故景观组分中,耕地形状指数最高,反映了山区大多数耕地的质量不高(有些地段不适合于耕种);同期景观多样性指数及景观均匀度分别是1.294、0.6471和0.995、0.4973,呈降低趋势,而景观优势度分别为0.706与1.006呈增加趋势,说明人类的干扰强度增加,山区景观斑块形状愈趋复杂,而且整个景观区域也愈来愈由少数斑块类型控制.需要指出的是,各景观组分中林地和耕地内部斑块的面积差异大,因而它们的优势度最高,并且在各个时期,由于大力发展人工经济林及耕地侵占等因素影响,其优势度逐步提高;以500 m × 500 m为栅格单元,点算栅格总数C值为7612,计算1985年、1998年县域景观破碎度分别是13.89%和6.96%,区域景观破碎度呈降低趋势.

2.2.2 森林景观动态 由于森林覆被是安吉县域景观的主体,因此,森林景观格局变动是县域LUCC的主要因子.近15年来县域森林面积有所增长,达到1097.83 km²,森林覆盖率上升到65%(表4).各类森林面积比例也有所变化,松、杉、阔叶、竹林的面积比例上升,尤以松类、竹类为最快,经济林、灌丛的面积比例下降,上升最多的是松类,下降最多的是灌丛类.

3 驱动因子分析与变动趋势

在自然地理背景没有大的改变的时期内,LUCC主要受人口、经济、科技文化等多种人文活动因子的驱动,但在不同的时空尺度上各种因子的作用程度并不相同.我们认为,安吉县

表 3 县域景观不同类型斑块级别上的景观指标比较^①

Tab. 3 The comparison of landscape indexes under patch level in mid-1980s and late 1990s

序号	类型	斑块数	占总斑块数的%	平均斑块面积(hm ²)	平均斑块周长(m)	平均斑块分维数	平均斑块伸长指数	斑块形状指数	斑块面积标准差
20 世纪 80 代中期									
1	耕地	250	29.1	217.897	12741.5	1.1158	9.5603	4.7802	3.6422
2	林地	399	46.45	298.01	10063.1	1.0675	6.7556	1.9062	4.3409
3	建设用地	90	10.48	27.09876	7689.8	1.0567	5.8976	2.3456	2.4756
4	荒地	109	12.69	35.62821	8221.8	1.0508	5.6720	2.8360	0.5843
5	水域	11	1.28	168.9415	12120.8	1.1113	9.4741	2.6733	2.4058
	总计或平均	859	100	211.3632	10386.7	1.0789	7.3793	2.9165	3.4407
20 世纪 90 年代后期									
1	耕地	180	33.52	250.98	17506.6	1.1535	13.0443	3.6807	3.4003
2	林地	266	49.53	481.0959	16413.1	1.0858	8.1284	2.2936	8.4114
3	建设用地	69	12.85	50.0987	9674.6	1.6789	6.0876	2.4134	2.0786
4	荒地	8	1.49	16.6892	2243.8	1.0478	5.4641	1.5418	0.2057
5	水域	14	2.61	174.5512	12771.5	1.1113	9.4909	2.6780	2.0466
	总计或平均	537	100	333.6574	15607.6	1.1848	9.5098	2.7728	5.6295

表 4 安吉森林景观动态状况^[8]

Tab. 4 Dynamic feature of forest landscape in Anji County

年份		松类	杉类	阔叶类	竹类	经济林类	灌丛类	总计
1985 年	面积(hm ²)	29338.58	6089.7	2572.87	26198.69	11867.41	17359.13	93525.33
	比例	31.37%	6.51%	2.86%	28.01%	12.69%	18.56%	100%
1999 年	面积(hm ²)	44869.76	7856.61	4829.76	33156.34	9982.5	9088.55	109783.51
	比例	40.87%	7.16%	4.40%	30.20%	9.09%	8.28%	100%

域的 LUC 主要是由下述三大因素驱动:

3.1 经济发展与产业结构变动

国际应用系统分析研究所(IIASA)的研究强调经济准则,认为土地利用变化归根到底是经济决策的结果^[9]。同时大量研究也表明,经济发展是 LUC 的最主要驱动力之一。

安吉原有经济基础弱,改革开放初期(1978 年),县域 GDP 仅 1.3 亿元,工农产值比为 1:1.1,是典型的农业县,属太湖流域欠发达县。传统农业主导的经济发展是以对耕地的利用为主要途径的,这时土地垦殖率达 28%。与此适应,县域总体土地开发强度较低;经过 15 年来的发展,其经济增长速度有所放大,相应土地利用变动程度增强。但依然可以看出:90 年代中期以前,县域经济发展仍然相对滞缓,GDP 增长率偏低,特别是县域从农业型向工业型

① 根据安吉县森林资源调查资料、农业区划成果及 1985、1998 年森林资源分布图,在 Arcview 软件支持下,勾绘安吉县景观要素类型分布图,分别建立面积、周长、边界等不同类型数据库,进而完成格局指数的计算。

主导的产业结构转型相对滞后,直到 20 世纪 90 代初期才完成(而湖州市 1984 年就实现了转变),比之太湖流域核心区极为滞后(图 3)。与之对应,土地利用与覆被变化程度相对较为缓和。

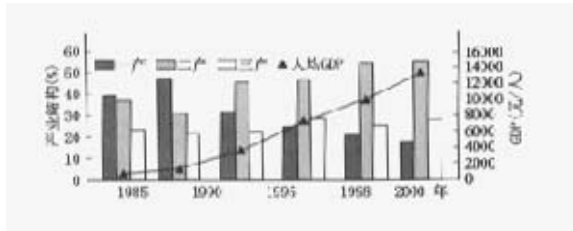


图 3 安吉县经济结构的变动

Fig. 3 the change of economic structure in Anji County

从经济发展的主导产业看,竹业经济与生态旅游已经成为县域经济增长的支柱产业。如竹林每年的直接资源产值达到 3 亿多元,20 世纪 80 年代一直占全县财政收入的 10% 左右,竹产业产值占全县 DGP 超过 1/4^[10];而旅游业的发展,2001 年其收入 3.1 亿元,占全县 GDP 的 6.1%。在此两项资源型开发策略影响下,县域逐步加强林业发展与森林景观改造,使山区土地利用表现出林地面积增加的趋势,同时加强林业结构调整,如竹林覆盖率达到 34%,超过林业用地面积的一半。

此外,随着大田粮食种植效益的滑坡,太湖地区农业结构调整成为农业发展的普遍趋势。在比较利益驱动下,安吉县域农业也在走效益化的道路,这驱使土地利用结构变动,提高集约化水平。能过增加农用地内部转换,如有些地区发展都市化农业,使耕地转换成高山蔬菜、改渔业水面养殖等,近 15 年来,县域耕地中约有 5.6% 转为水域(鱼塘、虾田)等。

从长期趋势看,经济发展对于县域土地利用强度提高的影响将进一步增强,而对于土地利用数量结构的变动影响将趋于减弱,特别是县域竹业经济与旅游业的发展有助于林业用地与森林景观的稳定与发展。

3.2 人口增长与城市化

人口增长必然引起居住地的增加和土地系统输出产品需求量的增加。实现这两项增加的途径之一是通过改变土地利用类型,扩大所需土地类型的面积。15 年来安吉县域人口增长了约 4 万,引起的居住用地面积增长约 10%,其中绝大部分来自耕地的占用。根据对 1980-2000 年安吉人口与耕地数量变化的相关拟合计算,发现两者之间存在显著的幂函数相关关系,耕地随人口的增长呈幂函数减少,两者的相关系数达 0.9 以上。

15 年来的经济增长,使县域城市化得到了长足发展,从 1985 年的 9.4% 发展到 2000 年的 37.6%。县域人口发展与城乡一体化对土地利用格局变化产生了的极大影响。各类城镇建设用地不断扩大,15 年共计增长了约 20%,尤其是县城发展近年来尤为明显,1998-2001 年,县城建成区面积扩大约 4 km²,达到 7.96 km²,建成区人口增加 4.2 万,达 7.7 万,三年增长了近一倍。此外,以人为本的城市化建设,也促进了建设用地内部结构的优化,公共绿地、道路广场比重提高幅度较大。如 90 年代中期以来,安吉加强 100 km 高等级公路建设,实现与上海、杭州、南京等大都市高等级公路的连接;而 2002 年,城镇人均拥有绿地达 11.5 m²。

从长期趋势看, 县域人口增长将趋缓, 这样该因素对于 LUC C 驱动的贡献程度降低; 而城市化是县域发展的战略性选择, 其对 LUC C 的影响主要体现在建设用地与城镇建成区的扩大上, 因此, 未来一段时间, 在提高现有建设用地集约化水平基础上, 对于非农用地占用的压力将始终存在。

3.3 政府行为与土地政策

政府的管理与价值取向所主导的行为对 LUC C 调节过程及效应比较明显。近年来, 安吉县把区域生态环境作为一种重要资产来加以建设与经营, 确立了“生态立市”的发展战略。一方面, 通过绿化造林、封山育林, 保护西苕溪源头的生态环境, 稳定并增加了林地面积, 同时对于森林景观也起到保护与改善。如建设生态公益林、天荒坪风景名胜区、龙王山自然保护区、竹乡国家森林公园等生态区域, 面积就达 180 km², 占全县国土面积的 9.5%; 另一方面, 加强水土流失治理。根据黄杜小流域的试验结果, 治理前后, 小流域植被覆盖率提高了 81.4%, 水土流失面积减少 37%, 土地利用也发生了明显变化(表 5)。

表 5 黄杜小流域治理前后的土地利用结构变化^[12] 单位: hm²
Tab. 5 Land use Structure in Huantu small watershed before and after harnessing

项目	土地面积	水田	园地	牧草	林地	水面	非农用地	荒地
1994 年	1110.7	120.0	85.0	20.5	336.5	7.7	32.73	508.27
2000 年	1110.7	109.8	281.3	39.8	616.1	7.7	56.0	0.0
增减(%)		-10.2	+196.3	+19.3	+279.6	0.0	+23.27	-508.27

规划也是政府行为的一种措施与表现, 随着经济活动对各种土地利用类型影响程度加大, 各种规划也在逐步加强。如县域景观指标表明: 安吉县域景观斑块形状指数逐渐降低, 斑块形状规则化趋势明显, 体现了政府规划及各类强制性规范的影响正在深入。

20 世纪 90 年代一度出现全国性的“开发区热”和“房地产热”等现象, 放开土地利用供给, 出现盲目圈占大量耕地的现象; 而从 1996 年起, 国家实施强有力的耕地总量动态平衡的宏观调控政策, 收缩土地的供给源头; 这种国家层面的政策对安吉县域土地利用变化间接作用, 均能找到实践层面的表现。特别是一系列大的政策变革将通过地权制度的价格制度和经营制度等影响流域土地利用变化的基本趋势。

4 结语

实施可持续发展是我国现代化建设长期的战略方针, 而可持续发展所面临的许多问题, 都与土地利用/覆被变化有着内在而必然的联系, 因此, 系统开展面向可持续发展重点问题的 LUC C 驱动机制、过程与效应关系的研究, 具有重要现实意义和科学价值。通过对区域典型——安吉县的研究, 可以了解浙北山区作为太湖流域源头区的土地利用与开发的一般特征与演化机制, 进而从另一方面认识流域土地利用变化对水环境的影响, 如下垫面变化, 面源结构与分布, 土壤侵蚀与养分流失^[11]等等。即, 近 20 年来, 伴随人口增长、经济结构发展演化, 太湖上游土地利用/覆被变化发生了明显变化, 但其 LUC C 的数量和强度变化的幅度与速度属于流域相对较弱的地区, 区域生态环境也基本保持了良性发展态势。但需要指出的是, 任何区域性的土地开发利用和经济活动与生态环境存在反馈与互动效应, 其交互作用

是错综复杂的, 因此, 未来的发展, 更要慎重考虑和把握开发的方向与规模, 始终坚持社会、经济、生态效益的协调性。

参 考 文 献

- 1 蔡运龙. 土地利用/土地覆被变化研究: 寻求新的综合途径. 地理研究, 2001, 20(6): 645-652
- 2 Lambin E F, Baulies X, Bockstael N. Land use and land cover change. Implementation Strategy. IGBP report No. 48, IHDP report No. 1999; 10
- 3 于兴修. 中尺度流域土地利用/覆被变化及其水环境效应研究. 中国科学院研究生院学报, 2003: 55-56
- 4 马湘永, 虞孝感. 太湖地区乡村地理. 北京: 科学出版社, 1990: 75
- 5 俞丽娅. 浅论安吉县的防洪减灾对策. 浙江水利科技, 2000, (3): 49-50
- 6 Herzog F, Lausch A, Muller E, Thulke H, et al. Landscape metrics for assessment of landscape destruction and rehabilitation. *Environment Management*, 2001, 27(1): 91-107
- 7 邬建国. 景观生态学. 北京: 高等教育出版社, 2000: 75
- 8 蒋文伟, 姜志林, 刘安兴等. 浙江安吉山区森林景观空间格局动态分析. 福建林学院学报, 2002, 22(2): 150-153
- 9 Gunther Fischer et al. Simulation the socio-economic and biogophysical driving forces of land-use and land-cover Change. IIASA Working Paper (WP-96-010), 1996
- 10 吴智勇, 王云珠. 安吉竹业发展现状和思路. 竹子研究汇刊, 2000, (4): 76-83
- 11 曹慧, 杨浩, 赵其国. 太湖丘陵地区典型坡面土壤侵蚀与养分流失. 湖泊科学, 2002, 14(3): 242-246

Research on the Land Use /cover Change and Its Evolution Mechanism of the Upper River District in Taihu Basin: Taking Anji County, Zhejiang Province as An Example

XU Gang^{1,2}, ZHU Zhengu² & XIE Xiaonan^{1,2}

1: Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, P. R. China

2: Nanjing institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China;

Abstract

The regional changes in Population-Resource-Environment-Development(PRED) have appeared new features and trends with the quick development of economy of the upper river district in Taihu Basin during recent 10 years. Because of the important role that the land use/cover change LUCC of upper river district played in water environment and ecological security of the whole basin, the article take Anji county, Zhejiang Province as an typical example to analyze the basic characteristic of its regional land use, and to display the dynamical course of LUCC alteration and landscape pattern as well as the drive factors, thus to uncover the general rule of LUCC in mountain area, which can provide the principal of policy-making for harmonize the economic development, land use and environmental protection.

Keywords: Taihu Basin; land use; landscape pattern; evolution mechanism