

基于遥感和 GIS 的 20 世纪 90 年代后半期 四川林地动态变化

杨存建, 张 洋, 程曦冉, 陈 军, 邓小菲

(四川师范大学遥感与 GIS 应用研究中心, 四川省软件重点实验室, 成都 610068)

摘要: 利用遥感和 GIS 技术对四川省 20 世纪 90 年代后半期林地的动态变化特征进行了研究。利用遥感和 GIS 技术获取 20 世纪 90 年代中期和 2000 年的土地利用数字数据以及土壤侵蚀数字数据。利用 GIS 技术获取坡度分级数据、环境质量等级数据、地貌分区数据和地市州行政单元数据。将所有数据转化和重采样为 100m 分辨率的栅格数据。再次, 将所有数据投影到同一投影同一坐标系上。利用 GIS 的提取、叠加和统计分析功能对林地动态变化特征及其背景特征和空间分布特征进行了分析。分析表明, 林地净增面积主要来源于草地和其它用地, 而林地净减少部分的主要去向是耕地和建设居民用地, 总体上, 林地净减少 7972hm²; 净增林地的区域主要是广元市、绵阳市和达州市或盆周山地和丘陵地区。净增林地的区域主要位于生态环境质量好, 坡度等级较低, 土壤侵蚀为强度和中度的区域。净减少林地的区域主要位于生态环境质量中等、水土流失较轻、坡度较大的区域。就林地的生态功能而言, 局部区域改进, 总体下降; 退耕还林的效果在 20 世纪 90 年代后半期还未能显现。建议加大对川西北高原和川西南山区的森林保护力度, 特别是加大对甘孜藏族自治州、乐山市、雅安市和阿坝藏族羌族自治州等处的森林保护力度, 加大对脆弱生态和陡坡环境的森林保护力度。

关键词: 地理信息系统; 林地; 动态变化分析

文章编号: 1000-0933(2006)12-4113-07 中图分类号: P627, TP79 文献标识码: A

Remote sensing- and GIS- based analysis of forestland change in the late 1990 's in Sichuan Province

YANG Cun-Jian, ZHANG Yang, CHENG Xi-Ran, CHEN Jun, DENG Xiao-Fei (Research Center of Remote Sensing & GIS Applications, Sichuan Normal University, Chengdu 610068, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(12): 4113~4119.

Abstract: Here we report the dynamic change of forestland in the late 1990 's in Sichuan Province. With the technologies of remote sensing and/or GIS, we obtained the land-use digital data of 1995 and 2000, the soil erosion data of 1995 and the data of slope grade, environment quality grade, geomorphic region, and administration districts. All of these data were further sampled into the raster data with a resolution of 100 meters and projected into the same coordination system with the same resolution. After extraction, overlay and statistical analyses, we characterized the dynamic forestland change in the late 1990 's. Our data indicate that the net increase of forestland was mainly resulted from the transformation of grassland and other land types; while most of the net decrease of forestland was attributed to cultivation, construction and residential land uses. The net reduced forestland that

基金项目: 四川省青年基金资助项目(03ZQ026-032); 四川省教育厅重点资助项目(2002A081); 中国科学院知识创新资助项目(CX10G-E01-02-03); 四川省软件重点实验室资助项目

收稿日期: 2005-08-27; **修订日期:** 2005-12-26

作者简介: 杨存建(1967~), 男, 成都市人, 博士, 教授, 主要从事遥感和地理信息系统应用研究. E-mail: yangcj9802@sina.com

致谢: 中国科学院地理科学与资源研究所刘纪远研究员和庄大方研究员, 中国科学院遥感应用研究所张增祥研究员、赵晓丽、周全斌等给予帮助在此一并致谢。

Foundation item: The project was financially supported by Young Foundation Project of Sichuan Province (No. 03ZQ026-032); Education Bureau Key Project of Sichuan Province (No. 2002A081), Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (No. CX10G-E01-02-03), Software Key Lab of Sichuan Province

Received date: 2005-08-27; **Accepted date:** 2005-12-26

Biography: YANG Cun-Jian, Ph. D., Professor, mainly engaged in application research of remote sensing and GIS. E-mail: yangcj9802@sina.com

totally amounts to 7972 hectares occurred in the regions with slight soil erosion, higher slope grade and mild environment quality, which were mainly located in the cities of Guangyuan, Mianyang and Dazhou, as well as other mountainous regions around the Sichuan basin. In contrast, the net increased forestland was mainly distributed in the regions with considerable to moderate soil erosion and the regions with lower slope grade and better environmental quality. Although partially improved, the general ecological function of the forestland was deleterious since the effect of the project of converting cultivated land into forestland was not functionally obvious until the late 1990's. Based on our result, we suggest that the forest protection should be further reinforced in the northwestern plateau and southwestern mountainous regions of Sichuan province, especially the regions with higher slope and unstable ecological environment, which include Canzi Tibetan Autonomous prefecture, Leshan city, Yaan city and Aba Jiang & Tibetan Autonomous prefecture.

Key words: geographic information system; forestland; dynamic change analysis

四川省是西部开发的重点省份,同时,长江上游及其支流多发源或流经此地。长期以来,随着人口的增长,以及对粮食和发展经济的需求,过度对森林进行破坏,使得原有的坡林地被开垦为坡耕地,从而造成水土流失,土地退化,河流、水库和湖泊的淤积,并破坏了局部生态安全保障体系。1998 年我国长江流域的特大洪水灾害,与其中上游森林植被的破坏具有密切的关系^[1]。在 1998 年特大洪水灾害之后,我国实施了天然林保护和退耕还林还草工程。因此,对林地的动态变化特征进行研究具有极其重要的现实意义。遥感和地理信息系统技术的发展,为林地的动态研究提供了先进的技术手段。我国在科技部、中国科学院的支持下进行了多期土地利用的遥感研究,并建立了相应的数据平台^[2]。在这些数据平台的基础上,对中国土地利用变化现代过程时空特征进行了研究^[3],对中国林地资源时空动态特征及驱动力进行了研究^[4],对中国近期土地利用变化的空间格局进行了分析^[5],对 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因进行了分析^[6],这些研究对揭示土地利用规律、形成合理利用土地和协调人地关系的决策均具有极其重要的意义。为此本文以四川省为研究区域,利用地理信息系统技术,对四川省 20 世纪 90 年代中期到 2000 年间的林地动态变化特征、动态变化的背景特征以及动态变化的空间分布特征进行了分析,从而揭示出林地的动态变化规律,以便为森林资源的保护和利用提供一定的决策依据。

1 研究区域和数据处理

研究区域为四川省,该省地处祖国大西南的腹心地带,四周邻接 7 个省(市、区),其中北部与青海、甘肃、陕西省相连;东部与重庆市为邻;南部与贵州、云南省接壤;西部与西藏自治区相邻。辖区位于东经 97°21'~108°34',北纬 26°03'~34°19'。全省辖区总面积达 488884.13km²,占全国总面积的 5.09%,仅次于新疆、西藏、内蒙古和青海等省(区)的面积,居全国第 5 位。

两期(20 世纪 90 年代中期和 2000 年)的土地利用数字数据是国家科技部“九五”科技攻关课题和中科院知识创新项目的部分成果数据^[2,5]。该数据是通过利用土地资源信息全数字人机交互遥感快速提取方法从 LANDSAT TM 遥感影像中提取的。通过野外考察,建立遥感图像判读标志,获取各地类的景观照片,并建立景观照片数据库,从而支持遥感图像的判读和土地利用类型信息的提取。利用全数字人机交互遥感快速提取的方法,可以将所有数据都整合到一个界面灵活,能对图像和图形矢量数据进行同步管理的动态信息系统中,判读者可方便快捷地参考各种辅助信息和利用判读知识从遥感图像中提取各土地利用类型的信息。其判对率在 90%以上,判读的最小图斑大小为 6 个像元(每个像元为 30m×30m)。土地利用被分成六大类,即耕地、林地、草地、水体、建设居民用地和未利用土地。其中耕地包括水田和旱地;林地包括有林地、灌木林地、疏林地和其它林地;草地包括低覆盖度草地、中覆盖度草地和高覆盖度草地;水体包括河渠、湖泊、水库、坑塘、冰川、积雪地和滩地;建设居民用地包括农村居民点用地、城镇用地和工交建设用地;未利用地包括沙地、沼泽地、裸土地、裸岩石砾地和其它用地。为了便于分析,将矢量数据格网化成 100m×100m 的格网数据。

从地形图数字数据中提取等高线,利用 GIS 软件 ARC/INFO 获取坡度信息。其步骤如下,首先,利用 CREAT TIN 命令生成 TIN。其次,利用 TINLATTICE 命令将 TIN 转换成 100m×100m 大小的网格数据。最后,在

GRID 环境下,利用 SLOPE 和 ASPECT 函数分别生成坡度数据和坡向数据。根据表 1,坡度被分成 6 级。

土壤侵蚀数据是通过 LANDSAT TM 图像进行目视判读得到的,在判读过程中,充分利用了如地形、地貌和降雨等辅助数据。土壤侵蚀强度分为 6 级:微

度、轻度、中度、强度、极强和剧烈。其侵蚀类型主要

为水蚀。

环境质量等级数据是从全国环境质量等级数据中切割出来的,其主要生成过程已在有关文章中进行了详细阐述^[7]。首先,对各气象站点多年气象数据(包括年平均温度数据、大于 0℃的积温数据、大于 10℃的积温数据、降雨数据和湿润度数据)进行年平均,并结合 DEM 和相关地学知识,对其进行空间化;其次,对地形数据(包括高程数据、坡度数据和坡向数据)、气象数据和植被指数数据进行分级;再次,将所有分级数据经标准化处理成无量纲的数据。原则上规定,对于分级后的专题数据,凡是具有积极环境意义的级别,要保证在其所属的专题要素中具有较大的标准化值,反之亦然。每一专题指标数据标准化处理后的分级数值结果规定在 0~10 之间。最后,对这些标准化后的数据求其算术平均值而得到环境质量等级数据。

为了分区进行研究,将整个四川省按其地形地貌分为 5 大区:平原、盆周地区、丘陵、西北高原和西南山区,并建立其矢量 GIS 数据库,将其格网化为 100m×100m 的格网数据,建立分区图层。

为了分地州进行研究,建立了四川省地市州行政单元的 GIS 矢量数据,并将其格网化为 100m×100m 的格网数据,建立行政区域图层。

以上数据均被统一到同一的坐标系和同一的投影下,所采用的投影为等面积割圆锥投影,并采用全国统一的中央经线和双标纬线,中央经线为东经 105°,双标准纬线分别为北纬 25°和北纬 47°,所采用的椭球体为 KRASOVSKY 椭球体。所有数据都被统一成 100m×100m 栅格大小的 GRID。

2 林地动态变化特征分析

2.1 林地的动态变化特征分析

2.1.1 5a 间林地与非林地地类之间的相互转换关系分析 在 GIS 环境下分别从前期、后期的土地利用栅格数据中提取出林地数据,并将其分别与后期和前期的土地利用栅格数据进行叠加统计分析,得到林地转入转出结果(表 2)。

表 2 林地转入和转出结果

Table 2 The status of forestland transfer in and out						
地类 Landuse type		林地转入		林地转出		净变化
		Forestland transfer in		Forestland transfer out		Net change area (hm ²)
		面积 Area (hm ²)	Percentage (%)	面积 Area (hm ²)	Percentage (%)	
耕地 Cultivated land		446534	38	463436	39	- 16902
草地 Grassland		710788	61	698173	59	12615
水体 Water area		4155	0	6280	0	- 2125
建设居民用地 Construction residential land		2202	0	6695	1	- 4493
未利用地 Unused land		10575	1	7642	1	2933
合计 Total		1174254	100	1182226	100	- 7972

从表中可以看出,林地净增面积主要来自于草地和未利用地,而林地净减少的面积,主要去向是耕地,其次是建设居民用地,再次是水体。总体上,林地净减少面积 7972hm²。

将土地利用类型中的非林地地类归并成一类,然后,将两期的土地利用类型进行叠加和统计分析,得到如表 3 所示的有林地、灌木林地、疏林地、其它林地和非林地之间的相互转换情况表。

从表中可以看出,就有林地而言,有林地与灌木林地、疏林地、其它林地和非林地之间均存在着转入转出的关系。有林地与非林地以及灌木林地之间的转入转出百分比比较大,而与其它林地之间的转入转出百分比最小。总体上,净减少的有林地主要是转换成了疏林地、其次是非林地、再次是灌木林地。就灌木林地而言,它

与有林地、疏林地、其它林地和非林地之间均存在着转入转出的关系,其百分比较高的主要发生在与非林地之间,其次是与有林地之间。净增灌木林地的主要来源是疏林地、有林地和非林地。灌木林地减少的部分主要是转化成了其它林地。疏林地与有林地、灌木林地、其它林地和非林地之间均存在着转入转出的关系,其百分比较高的主要发生在与非林地之间。疏林地减少的部分主要是转换成了灌木林地和其它林地,而增加的部分主要是由有林地和非林地转换而来。其它林地增加的部分主要来源于有林地、灌木林地、疏林地,而减少的部分主要是转换成了非林地。

表 3 有林地、灌木林地、疏林地、其它林地和非林地之间的相互转换

	有林地		灌木林地		疏林地		其它林地		非林地	
	Woodland		Shrub		Open woodland		Other forest land		Non forest land	
	面积 Area (hm ²)	(%)	面积 Area (hm ²)	(%)	面积 Area (hm ²)	(%)	面积 Area (hm ²)	(%)	面积 Area (hm ²)	(%)
有林地转出 Woodland transfer out			218980	27	159708	19	2650	0	447257	54
有林地转入 Woodland transfer in			191711	32	41807	7	1642	0	371131	61
有林地净变化 Woodland net change			- 27269		- 117901		- 1008		- 76126	
灌木林地转出 Shrub transfer out	191711	26			52279	7	2430	0	504917	67
灌木林地转入 Shrub transfer in	218980	26			92163	11	1623	0	521107	63
灌木林地净变化 Shrub net change	27269				39884		- 807		16190	
疏林地转出 Open Woodland transfer out	41807	12	92163	26			587	0	217924	62
疏林地转入 Open Woodland transfer in	159708	33	52279	11			482	0	271005	56
疏林地净变化 Open woodland net change	117901		- 39884				- 105		53081	
其它林地转出 Other forest land transfer out	1642	10	1623	10	482	3		0	12128	77
其它林地转入 Other forest land transfer in	2650	16	2430	14	587	4		0	11011	66
其它林地净变化 Other land net change	1008		807		105				- 1117	

2.1.2 林地动态变化的环境背景分析 将前期为林地、后期为非林地的栅格数据提取出来,构成林地转出图层,将后期为林地、前期为非林地的栅格数据提取出来,构成林地转入图层。将林地转入和转出图层分别与土壤侵蚀强度图层进行叠加分析,并得到如表 4 所示的不同土壤侵蚀强度下的林地动态变化分析表。

表 4 不同土壤侵蚀强度下的林地变化

土壤侵蚀强度	Table 4 The forestland change status under different soil erosion condition						合计
	微度	轻度	中度	强度	极强	剧烈	
Soil erosion intensity	Little	Slight	Moderate	Considerable	Severe	Extremely severe	Total
转出面积 Transfer out area (hm ²)	655608	230213	187677	93682	13293	1753	1182226
转出百分比 Transfer out percentage (%)	55	20	16	8	1	0	100
转入面积 Transfer in area (hm ²)	612135	206770	219128	114922	20009	1290	1174254
转入百分比 Transfer in percentage (%)	52	18	19	10	2	0	100
净变化 Net change (hm ²)	- 43473	- 23443	31451	21240	6716	- 463	- 7972

从表中可以看,在各个土壤侵蚀强度等级下,均有林地的转入和转出,且主要发生在微度土壤侵蚀区域,其次是轻度土壤侵蚀区域。净增林地面积的区域主要是中度土壤侵蚀区、其次是强度侵蚀区,最后是极强土壤侵蚀区。净减少林地面积的区域主要是微度土壤侵蚀区,其次是轻度土壤侵蚀区,最后是剧烈土壤侵蚀区。

将林地转入和转出图层分别与坡度等级图层进行叠加分析,并得到如表 5 所示的不同坡度等级的林地动态变化分析表。

从表中可以看,在各个坡度等级下,均有林地的转入和转出,且主要发生在坡度为 15~25 的区域,其次是坡度为 0~5 的区域。净减少林地的区域主要是第 4 坡度等级区、其次是第 5 坡度等级区,再次是 6 坡度等级区。净增林地的区域是第 1 坡度等级区,其次是第 2 坡度等级区。

表 5 不同坡度等级下的林地动态变化

Table 5 The forestland change status under different slope grade							
坡度等级 Slope grade	1	2	3	4	5	6	合计 Total
转出面积 Transfer out area (hm ²)	254605	72054	221671	333037	219507	81352	1182226
转出百分比 Transfer out percentage (%)	21	6	19	28	19	7	100
转入面积 Transfer in area (hm ²)	267402	75574	220811	323610	211275	75582	1174254
转入百分比 Transfer in percentage (%)	23	6	19	28	18	6	100
净变化 Net change (hm ²)	12797	3520	- 860	- 9427	- 8232	- 5770	- 7972

将林地转入和转出图层分别与环境质量等级图层进行叠加分析,并得到如表 6 所示的不同环境质量等级下的林地动态变化分析表。

表 6 不同环境质量等级下的林地动态变化分析

Table 6 The forestland change status under different envioronment quality grade							
环境质量等级 Environment quality grade	3	4	5	6	7	8	合计 Total
转出面积 Transfer out area (hm ²)	267	30916	303382	401533	223057	223071	1182226
转出百分比 Transfer out percentage (%)	0	2	26	34	19	19	100
转入面积 Transfer in area (hm ²)	0	17230	235352	369307	285856	266509	1174254
转入百分比 Transfer in percentage (%)	0	1	20	31	24	23	100
地净变化 Net change (hm ²)	- 267	- 13686	- 68030	- 32226	62799	43438	- 7972

从表中可以看,净增林地的区域主要是在环境质量第 7 等级上,其次是环境质量第 8 等级。林地净减少的区域主要是在环境质量第 5 等级上,其次是第 6 等级,再次是第 4 等级。

2.1.3 林地动态变化的空间分布特征分析 将林地转入和转出图层分别与四川省的地貌分区图层进行叠加分析,得到如表 7 所示的林地动态变化的空间分区情况表。

表 7 林地动态变化的空间分区情况表

Table 7 The forestland change status in different geomorphic region						
地貌分区 Geomorphic region	1995 年林地 Forestland in 1995	林地转入 Forest land transfer in		林地转出 Forest land transfer out		净变化 Net change
		面积 Area (hm ²)	Percentage (%)	面积 Area (hm ²)	Percentage (%)	(hm ²)
平原 Plain	597148	61692	5	61893	5	- 201
丘陵 Hill	1483008	203546	17	203244	17	302
盆周山地 Mountain area around basin	3196799	488195	42	404932	35	83263
川西南山区 Mountain area in Southwest Sichuan	3248234	69136	6	84246	7	- 15110
川西北高原 Plateau in Northwest Sichuan	8024925	351685	30	427901	36	- 76216
合计 Total	16550114	1174254	100	1182216	100	- 7962

从表中可以看出,净增林地的区域主要是在盆周山地,其次是在丘陵地区。净减林地的区域主要是在川西北高原,其次是川西南山区,再次是平原地区。

将林地转入和转出图层分别与四川省的地州市行政单元图层进行叠加分析,得到如表 8 所示的各地州市的林地动态变化情况表。

从表中可以看出净减林地面积由高到低的地州市排序为甘孜藏族自治州、乐山市、雅安市、阿坝藏族羌族自治州、德阳市、凉山彝族自治州、攀枝花市、泸州市、成都市、自贡市、广安市、宜宾市和南充市,净增林地面积由高到低的地州市排序为广元市、绵阳市、达州市、内江市(含资阳市)、巴中市和遂宁市。

3 结果与讨论

林地的动态变化特征主要表现为林地净增面积主要来自于草地和未利用地,分别为 12615hm² 和 2933hm²。这反映了 20 世纪 90 年代后半期,对宜林草地进行造林绿化,对未利用地进行了整治和造林绿化,

从而提高了土地的生态功能。这有利于生态环境的改善。林地净减面积主要去向是耕地,其次是建设居民用地,再次是水体。这反映,尽管在 1998 年后实施了天然林保护和退耕还林工程,然而,在 90 年代后半期,毁林开地的面积远大于退耕还林的面积。同时,反映出随着人口的增加和经济的增长,城市、城镇、农村居民点、工业和交通的发展建设也造成了林地的减少。此外,还反映出了由于该区域水库、水电站和大坝的修建,使得部分林地被淹没而转化成了水体。在总体上,林地净减少面积为 7972hm²。

表 8 各地州市的林地动态变化

地州市 District	Table 8 The forestland change status in different district					
	1995 年林地 Forestland in 1995	林地转入 Forestland transfer in		林地转出 Forestland transfer out		净变化 Net change (hm ²)
		面积 Area (hm ²)	Percentage (%)	面积 Area (hm ²)	Percentage (%)	
阿坝藏族羌族自治州 Aba zhang & qiang Nationality autonomous prefecture	2787799	196594	17	218507	19	- 21913
巴中市 Bazhong city	434197	43743	4	43201	4	542
甘孜藏族自治州 Garzi zhang nationality autonomous prefecture	4450446	179738	15	226630	19	- 46892
绵阳市 Mianyang city	727949	162980	14	133526	11	29454
广元市 Guangyuan city	411619	145858	12	20803	2	125055
达州市 Dazhou city	624392	66774	6	41651	4	25123
南充市 Nanchong City	108374	11783	1	11848	1	- 65
德阳市 Deyang city	132492	6777	1	26885	2	- 20108
成都市 Chengdu city	302589	23601	2	25821	2	- 2220
遂宁市 Suining city	61504	11160	1	11062	1	98
雅安市 Ya 'an city	803597	75664	6	112259	10	- 36595
广安市 Guang 'an city	99129	9335	1	10927	1	- 1592
内江市和资阳市 Neijiang and Ziyang city Meishan city	83175	20810	2	12488	1	8322
乐山市和眉山市 Leshan city	771403	68499	6	105751	9	- 37252
自贡市 Zigong city	95146	12069	1	14014	1	- 1945
凉山彝族自治州 Liangshan yi nationality autonomous prefecture	3296848	37327	3	55593	5	- 18266
泸州市 Luzhou city	461639	36482	3	38751	3	- 2269
宜宾市 Yibin city	440329	63830	5	64902	6	- 1072
攀枝花市 Panzhihua city	457487	1230	0	7607	1	- 6377
合计 Total	16550114	1174254	100	1182226	100	- 7972

林地动态变化的环境背景特征主要表现为:净增林地面积的区域主要是中度土壤侵蚀区和强度土壤侵蚀区,净减少林地面积的区域主要是微度土壤侵蚀区和轻度土壤侵蚀区;就坡度级而言,净减少林地的区域主要是第 4 和第 5 坡度等级区,净增林地的区域主要是第 1 和第 2 坡度等级区;就环境质量而言,净增林地的区域主要是在环境质量第 7 和第 8 等级上。林地净减少的区域主要是在环境质量第 5 和第 6 等级上。这反映出了在 20 世纪 90 年代后半期,对生态环境质量处于中等、水土流失较轻的森林进行了开发,使其林地转化为其它地类,但是这区域都处于坡度较大的区域,森林的破坏必将导致这些区域生态环境质量的下降及土壤侵蚀的加重。同时,反映了在生态环境质量较好,坡度等级较低的区域,且强度和中度的土壤侵蚀区域进行了造林绿化,这些区域转化成了林地。总之,20 世纪 90 年代后半期,就林地的生态功能而言,局部区域改进,总体下降;退耕还林的效果在 2000 年还未显现。为此,建议加大对森林,特别是对脆弱生态环境下的森林进行保护,加大对环境质量较差、坡度较大、土壤侵蚀较严重区域的造林绿化和环境整治工作。

林地动态变化的空间特征主要表现为:净增林地的区域主要是盆周山地,其次是丘陵区。净减林地的区域主要是在川西北高原,其次是川西南山区,再次是平原地区。就各个地州市而言,净减林地面积的区域主要是甘孜藏族自治州、乐山市、雅安市和阿坝藏族羌族自治州等,而净增林地面积的区域主要是广元市、绵阳市

和达州市等。这表明,盆周山地和丘陵地区的森林保护和造林绿化比较有成效。然而还需要加大对川西北高原和川西南山区的森林保护和造林绿化,特别是加大对甘孜藏族自治州、乐山市、雅安市和阿坝藏族羌族自治州等的森林保护和造林绿化。

本文主要对 20 世纪 90 年代后半期四川省林地的动态变化进行了研究,对于 2000 年以后,有关天然林保护和退耕还林所引起的林地动态变化还有待于今后的继续研究。本文的研究可以为四川省及其地市州相关部门在有关天然林保护、退耕还林、造林绿化和生态环境保护等方面提供决策依据。

References :

- [1] Li W H. Flood of yantze river and ecological restoration. *Journal of Natural Resources*, 1999, 14(4) : 1~6.
- [2] Liu J Y, Zhuang D F, Zhang Z X, *et al.* The establishment of land-use spatial-temporal database and its relative studies in China. *Geo-information Science*, 2002, (3) : 3~8.
- [3] Liu J Y, Buheasier. Study on spatial-temporal feature of modern land-use change in china: using remote sensing techniques. *Quaternary Sciences*, 2000, 20(3) : 229~239.
- [4] Xu X L, Liu J Y, Zhuang D F, *et al.* Spatial-temporal characteristics and driving forces of woodland resource changes in China. *Journal of Beijing Forestry University*, 2004, 26(1) : 41~46.
- [5] Liu J Y, Liu M L, Zhuang D F, *et al.* The spatial pattern analysis of Chinese landuse change in recent. *Science in China, Ser. D*, 2002, 32(12) : 1031~1040.
- [6] Liu J Y, Zhang Z X, Zhuang D F, *et al.* A study on the spatial-temporal dynamic changes of land-use and driving forces analyses of China in the 1990s. *Geographical Research*, 2003, 22(1) : 1~11.
- [7] Zhang Z X, Yang C J, Tian G J, *et al.* Comprehensive Assessment and Analysis of China Eco-environment Based on Spatial Data. *Journal of Remote Sensing*, 2003, 7(1) : 58~65.

参考文献:

- [1] 李文华,长江洪水与生态建设. *自然资源学报*, 1999, 14(4) : 1~6.
- [2] 刘纪远,庄大方,张增祥,高志强和邓祥征. 中国土地利用时空数据平台建设及其支持下的相关研究. *地球信息科学*, 2002, (3) : 3~8.
- [3] 刘纪远,布和祿斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究——基于卫星遥感数据. *第四纪研究*, 2000, 20(3) : 229~239.
- [4] 徐新良,刘纪远,庄大方,张树文. 中国林地资源时空动态特征及驱动力分析. *北京林业大学学报*, 2004, 26(1) : 41~46.
- [5] 刘纪远,刘明亮,庄大方,等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析. *中国科学*, 2002, 32(12) : 1031~1040.
- [6] 刘纪远,张增祥,庄大方,等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析. *地理研究*, 2003, 22(1) : 1~11.
- [7] 张增祥,杨存建,等. 基于多源空间数据的中国生态环境综合评价与分析. *遥感学报*, 2003, 7(1) : 58~65.