

# 退耕还林政策对山地植被空间格局变化的驱动分析

张志明, 孙长青, 欧晓昆\*

(云南大学生态学与地植物研究所, 云南 昆明 650091)

**摘 要:** 政策是引起土地利用和土地覆盖变化的重要驱动力之一。分析退耕还林工程实施对山地景观格局变化的影响, 可以为土地的可持续利用和退耕还林的后续工作提供参考。利用人工智能神经网络变化测定技术产生 2000至 2003年间研究区植被变化图, 由此产生两时期的植被图并结合景观指数定量分析和比较两时期植被景观格局的空间动态变化, 并重点关注 25°坡度以上的区域。研究结果表明, 在 2000年至 2003年间, 有部分松树林(约 1 757 hm<sup>2</sup>)转变成农业用地, 混交林(约 2 718 hm<sup>2</sup>)转变成灌草丛, 同时有部分灌草丛(约 181 hm<sup>2</sup>)转变成松树林; 农业用地(约 1 915 hm<sup>2</sup>)转变成疏生林, 其中有 65.4%的变化是发生在坡度为 25°以上的区域。此外根据景观指数结果显示, 云冷杉林、松树林、混交林和农业用地的面积有不同程度的增加, 而疏生林和灌草丛面积明显减少。结合野外调查该结果表明, 在退耕还林的政策驱动下部分农业用地被种植成松树林, 有些农业用地自然转变成疏生林和灌草丛。但是同时也有些疏生林和灌草丛被开垦成农业用地。在景观水平方面, 发现蔓延度和集合指数都有所减小, 表明该区域景观破碎化程度有所增加。而景观的丰富度指数和均一性指数都有所增加, 表明该区域内景观类型的优势度有所增加。

**关键词:** 退耕还林政策; 景观空间格局; Fragstats 景观指数; 土地覆盖类型; 坡度

**中图分类号:** P901 Q948

**文献标识码:** A

土地利用和土地覆盖变化是影响景观乃至生态系统结构、功能及动态变化的最普遍的主导因素之一, 土地利用和覆盖变化是由复杂的自然环境因子和人类社会因子共同作用的结果<sup>[1-5]</sup>。研究土地利用和土地覆盖变化的起因、过程和效应是当前景观生态学的十大研究论题之一<sup>[6]</sup>。近些年来, 许多学者针对土地利用和土地覆盖变化的驱动力开展了大量的研究<sup>[7-12]</sup>。其中政策也是引起这一变化的重要驱动力之一<sup>[1, 13]</sup>。

1999年, 党中央、国务院做出了实行退耕还林试点工程的重要决策; 2000年, 启动了退耕还林试点工作。云南省的 8个州市的 9个县被列入国家退

耕还林试点范围。退耕还林的目的是本着因地制宜的原则, 以保护和改善生态环境为基本出发点, 把毁林开荒而来的农耕地有计划、分步骤地恢复或重建为原有林地或近似于原有林地或因地制宜地重建新的适合当地的林地系统, 争取最大限度地获取生态和经济效益, 实现社会经济的可持续发展<sup>[14]</sup>。

从政策实施以来, 许多学者在相关领域开展了大量的研究, 其中很多研究是针对相关政策、相关技术以及管理等方面<sup>[15-16]</sup>。此外, 有些学者利用遥感技术和 GIS 技术开展了退耕还林监测研究<sup>[17, 18]</sup>。此外部分学者对不同的退耕还林模式所产生生态效益和经济效益进行了分析<sup>[19, 20]</sup>。然而针对退耕还

收稿日期 (Received date): 2009- 04- 11; 改回日期 (Accepted): 2009- 07- 20。

基金项目 (Foundation item): 国家重点基础研究发展计划 (2003CB415102), 比利时弗莱芒省大学联合会 (Vlaamse Interuniversitaire Raad VLIR) (批准号: VLIR ZEN2002PR264- 886) 项目资助。[National Key Project for Basic Research on Ecosystem Changes in Longitudinal Range-Gorge Region and Transboundary Eco-security of Southwest China (2003CB415102) and Vlaamse Interuniversitaire Raad (VLIR ZEN2002PR264- 886).]

作者简介 (Biography): 张志明, 男, 1976年 10月出生, 讲师, 植被生态学硕士, 比利时根特大学 (Ghent University) 博士生, 主要从事植被生态学、景观生态学以及遥感和地理信息系统应用与开发等方面的教学和研究工作。[Zhang Zhiming master lecturer research interesting vegetation ecology, landscape ecology, and application of GIS and RS.] E-mail: zzm76@ynu.edu.cn

\* 通讯作者 (Corresponding author): E-mail: xkoi@ynu.edu.cn.

林政策所引起的景观空间格局变化及过程的文章不曾多见<sup>[21-22]</sup>。

本文以云南省迪庆藏族自治州维西傈僳族自治县(简称维西县)和怒江州的兰坪白族普米族自治县(简称兰坪县)为例,用2000年和2003年两期的两景ETM+和Landsat TM影像制作植被图,关注退耕还林政策施行区域,即坡度大于25°的区域,进行植被转移矩阵并计算其各个景观指数,综合的评估当地景观格局的变化,分析退耕还林工程的实施对当地景观格局变化的驱动,为土地的可持续利用和退耕还林的后续工作提供参考。

## 1 研究区和研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区为维西县和兰坪县,地理坐标 $26^{\circ}7'12'' \sim 27^{\circ}53'24''N$ ,  $98^{\circ}58'12'' \sim 99^{\circ}37'48''E$ 。该区域是一个典型的多山区域,海拔高差达3062m。迪庆高原平均海拔3300m,维西县位于迪庆州西南部横断山脉纵谷地区,地处国家级风景名胜区“三江并流”的核心区域,境内东有金沙江蜿蜒,西有澜沧江奔涌,云岭雄踞两江之间。兰坪县地处云南省西北部,位于澜沧江中游、怒江山脉东侧与云岭山脉南段的支脉上,北与维西县接壤,处于横断山纵谷区,呈深切切割高山地貌,山脉大部分为南北走向,山势高峻,地形多样,形成东高西低的地势(图1)。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 影像及参考数据

两景不同时期的遥感影像被用于进行影像分类。一景为2000-12-25的ETM+影像(path/row: 132/41),另一景为2003-12-26的Landsat TM影像;1:10万的地形图,25m分辨率的DEM数据,以及野外的GPS地面数据。两景影像都投影到通用横轴墨卡托格网(Universal Transverse Mercator UTM)投影系统,其地带为47,地球基准面(reference datum)采用1984年的全球大地测量系统(World Geodetic System 1984 WGS84)。这些影像数据及数字高程模型(digital elevation model, DEM)数据都进行了预处理和地理投影及几何校正,两影像间的校正精度平方根误差(Root Mean Square, RMS)为10m。

#### 1.2.2 植被变化测定

本研究建立了一个三层结构的ANN(即输入

层,输出层和隐含层),用于进行2000年和2003年两景不同时段影像的一次性分类。具体相关参数设定参考《利用人工智能神经网络和DEM数据进行植被变化探测》<sup>[23]</sup>。

另外主成分分析法(Principal component analysis PCA)通常用于提取输入数据的主要特征信息,起到降噪去冗余信息作用,同时该方法也起到限制ANN自由学习的作用<sup>[24]</sup>。PCA能够使多维的输入数据降低为少数的几个主要成分,从而起到简化ANN结构的作用<sup>[25]</sup>。本研究运用PCA将14个影像波段降为8个主成分,外加DEM和坡度共10个节点组成输入层,其他层参数不变<sup>[23]</sup>。此ANN软件包由比利时根特大学森林管理和空间信息技术实验室开发(<http://dfwm.ugent.be/forman>)。

#### 1.2.3 植被制图

根据上述利用ANN变化测定法产生的2000年与2003年间植被变化图,可以还原生成两个时期的植被图。此植被图共包含有10个植被类型,由于该植被图是由遥感影像数据分类产生的,考虑到影像的分辨率,以及光谱特征等,这些植被类型并非严格按照《中国植被》和《云南植被》的分类系统,具体描述如下:

##### 硬叶常绿阔叶林(Oak Forest OF)

主要分布在海拔3000m至3800m之间,该地区的硬叶常绿阔叶林主要是由壳斗科、川滇高山栎、川西高山栎及黄背栎等几个栎属植物(*Quercus*)树种组成硬叶栎林。该植被与当地居民关系很密切,是他们主要的薪柴,同时收集栎树叶作为肥料和家畜垫圈等。

##### 针阔混交林(Mixed Forest MF)

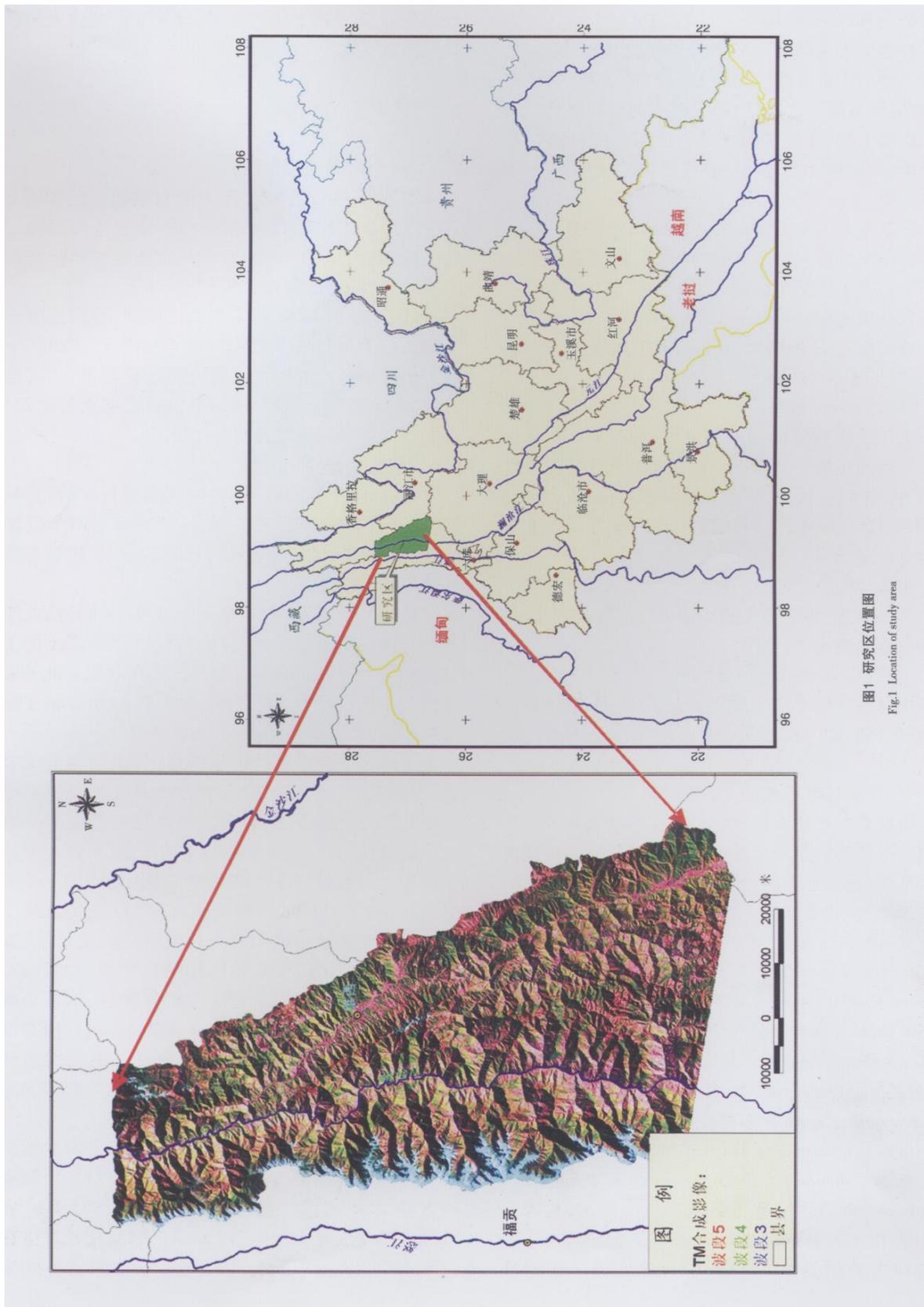
该类型主要分布在海拔2600m至3500m之间,主要是由云南松、高山松、华山松、铁杉、西南桦、青皮槭以及一些栎属种类组成。该植被类型生物多样性极为丰富。

##### 暖温性针叶林(Pine Forest PF)

暖温性针叶林是该区域的一重要的植被类型,主要分布在海拔3000m以下区域,主要是由云南松、高山松、华山松等栎属植物组成的松林。

##### 寒温性针叶林(Fir and Spruce Forest FSF)

寒温性针叶林主要是由云杉和冷杉等组成的云冷杉林,该类型主要分布在海拔3300m至4000m的区域。此植被类型也是该区域的典型重要的植被类型。



### 疏生林 (Low Density Forest LDF)

该类型不是传统的植被分类系统中的类型,主要是一种次生或者受人为干扰较严重、原有的植被被破坏、林冠覆盖度降低,形成疏生的植被类型。此外从影像上看,该类型的光谱特征与一些杜鹃高灌丛类似,所以将此类型与一些高灌丛合成一类,便于影像分类。

### 灌草丛 (Dwarf Shrub and Meadow, DSM)

该类型主要包括干暖河谷灌丛,以及高山垫状矮灌丛和高山亚高山草甸类型。

### 农业用地 (Agriculture Land AL)

该区域的农业用地主要分布在澜沧江河谷地段,海拔低于 3 000 m。

### 冰雪 (Snow, SN)

由于该区域是高山峡谷区域,海拔 4 400 m 以上区域为高山流石滩区,一年中约 9 个月是被冰雪覆盖,仅在 8 9 10 三个月不见冰雪,而影像多数是 11 月和 12 月获得,所以该区域的影像有一很重要的类型就是冰雪。

### 水体 (Water WT)

如上所述,该区域是属于澜沧江流域,影像能清晰的分辨出澜沧江。

### 阴影 (Cast Shadow, CS)

同样该区域是高山峡谷区域,卫星影像受地形影响较严重,部分区域是阴影区,影像无法分辨出其植被类型。

## 1.2.4 景观指数的选用及计算

景观格局指数被用于定量测定自然景观的时间和空间结构特点。为了准确客观的分析研究区域的景观格局,选用如下指数:

斑块类型层次有:总面积 (Total/Class Area, CA), 斑块数 (number of patches, NP), 平均斑块面积 (mean patch area, MPA), 周长面积分维数 (Perimeter-Area Fractal Dimension, PAFRAC), 平均形状指数 (mean shape index, MSI), 平均最邻近距离 (mean of Euclidean Nearest Neighbor distance, MENN); 在景观层次: 聚集度 (Contagion, CONTAG), 集合指数 (Aggregation Index), Shannon 多样性指数 (Shannon's Diversity Index), (Simpson's Diversity Index), Shannon 均匀性指数 (Shannon's Evenness Index), (Simpson's Evenness Index)。这些指数之所以被选用,是因为它们被 Riitters Honnay 和 Amot 等选着作为指示森林破碎度的指数<sup>[26-28]</sup>。运用景观格局分析软件

Fragstats3.3 分析上述植被图,计算不同层次上的各景观指数<sup>[29]</sup>。

## 2 结果和分析

### 2.1 两个时期的植被图

由 ANN 变化测定法产生的两期植被图如图 2 和图 3 所示,2000 年植被图的总体精度是 95.36%, kappa 指数为 0.942 0; 2003 年植被图的总体精度为 93.89%, kappa 指数为 0.923 7。

此外,根据 DEM 所生成的坡度图,将植被图划分成坡度 25° 以上的植被图 (图 4 和图 5), 坡度 25° 以下的植被图。根据我国的退耕还林政策,主要是针对 25° 坡度以上区域,所以本研究也重点关注 25° 坡度以上区域的植被类型变化情况。

### 2.2 植被类型变化分析

将 2000 年和 2003 年的植被图进行比较,得到植被类型转移矩阵 (表 1)。同时也将这两个时期 25° 坡度以上区域的植被图进行比较,产生植被类型转移矩阵 (表 2)。

从表 1 可以发现 2000 年至 2003 年间,该区域植被总体变化相对不大,其中通过影像测定出的主要变化是由于气候原因引起冰雪面积变化。此外有部分暖温性针叶林,即松林 (约 1 757 hm<sup>2</sup>) 转变成农业用地,根据野外调查,引起这些变化的主要原因是由于给区域新修和改扩建公路 (如维西至德庆公路,维西至丽江公路),以及澜沧江及支流修建水电站引起部分移民变迁,而形成移民村所造成部分松树林被砍伐,并且受影像分辨率的限制,公路及电站建设用地在本研究中被归并为农业用地类型。针阔混交林 (约 2 718 hm<sup>2</sup>) 转变成灌草丛,混交林减少主要是由于当地居民用于作薪炭材阔叶类树种,如桦木、硬叶栎等,以及建筑用材的针叶树种如云杉、铁杉和华山松等主要来源于针阔混交林,这是造成部分混交林被转变成灌草丛的主要原因。同时有部分灌草丛 (约 181 hm<sup>2</sup>) 转变成松林。根据实地调查,造成这一转变的主要原因是当地林业部门实施的植树造林政策的结果。

表 1 显示出农业用地 (约 1 915 hm<sup>2</sup>) 转变成疏生林。表 2 显示出与表 1 类似的结果,只是面积有所改变,其中值得注意的是在上述约 1 915 hm<sup>2</sup> 农业用地转变成疏生林中,有 65.4% 的变化是发生在坡度为 25° 以上的区域。引起这一转变的主要原因

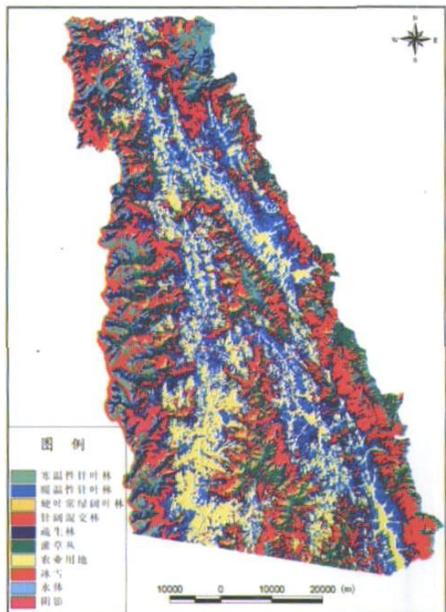


图 2 研究区 2000 年植被图  
Fig. 2 Vegetation map of 2000

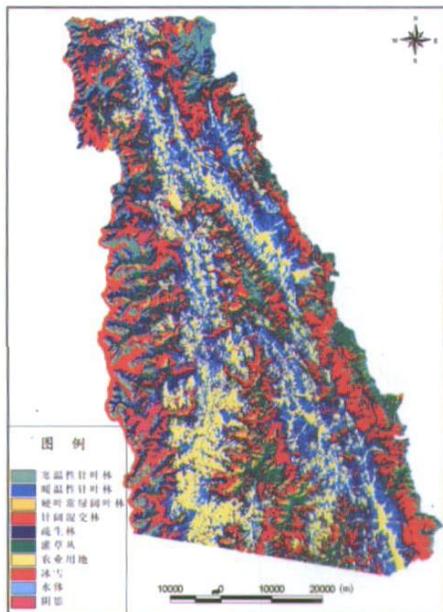


图 3 研究区 2003 年植被图  
Fig. 3 Vegetation map of 2003

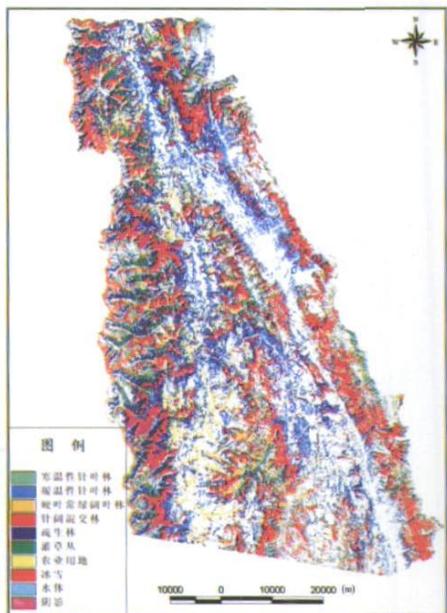


图 4 2000 年坡度 25° 以上的植被图  
Fig. 4 Vegetation map on steep slope ( $\geq 25^\circ$ ) in 2000

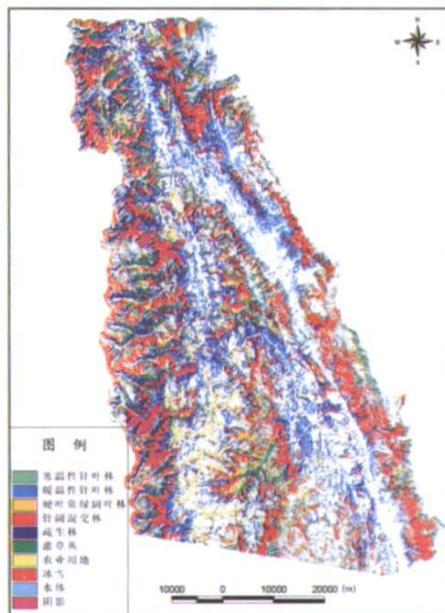


图 5 2003 年坡度 25° 以上的植被图  
Fig. 5 Vegetation map on steep slope ( $\geq 25^\circ$ ) in 2003

是退耕还林政策驱动的结果。同样根据野外调查该区域退耕还林使坡度较大区域的部分农业用地得以闲置使其自然恢复, 部分是人工种上树苗人为帮助促进其恢复, 在恢复过程中会经历疏生林这一阶段。

### 2.3 景观空间格局动态变化分析

从表 3 和图 6 可以看出, 两不同时期研究区内各类型的面积指数 (CA) 变化。2000 年到 2003 年,

整个研究区域中的疏生林面积增加, 其他土地覆盖类型的面积均减少。其中农业用地减少了 158.04  $\text{hm}^2$ , 如上结果所示部分农业用地转变成疏生林, 造成农业用地面积的减少。混交林、农业用地和冰雪的斑块数 (NP) 都有减少。混交林和农业用地的平均斑块面积 (MPA) 增大了, 平均斑块面积指数结合斑块数能指示景观类型或者整体景观格局的破碎化

表 1 2000~2003年植被转移矩阵  
Table 1 Vegetation transition between 2000 and 2003

2003 \ 2000	FSF	PF	OF	MF	LDF	DSM	AL	SN	WT	CS	总计
FSF	268 433	0	0	0	0	0	0	4 839	0	0	273 272
PF	0	879 073	0	0	0	2 018	0	0	0	0	881 091
OF	0	0	266 733	0	0	0	0	0	0	0	266 733
MF	0	0	0	775 712	0	0	0	0	0	0	775 712
LDF	0	0	0	0	936 261	0	21 281	6 616	0	0	964 158
DSM	0	0	0	30 203	0	417 068	0	590	0	0	447 861
AL	0	19 525	0	0	0	0	983 708	0	0	0	1 003 233
SN	5 357	0	0	0	11 194	29 314	0	108 247	0	0	154 112
WT	0	0	0	0	0	0	0	0	14 673	0	14 673
CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	327 639	327 639

注:表中数据的单位均为像元,表中英文缩写代码参见本文 1.2.3节详解,下同。

表 2 坡度为 25°以上区域的 2000~2003年植被类型转移矩阵  
Table 2 Vegetation transitions on steep slope (> 25°) between 2000 and 2003

2003 \ 2000	FSF	PF	OF	MF	LDF	DSM	AL	SN	WT	CS	总计
FSF	164 215	0	0	0	0	0	0	2 800	0	0	167 015
PF	0	551 886	0	0	0	932	0	0	0	0	552 818
OF	0	0	186 937	0	0	0	0	0	0	0	186 937
MF	0	0	0	578 970	0	0	0	0	0	0	578 970
LDF	0	0	0	0	668 335	0	13 925	3 765	0	0	686 025
DSM	0	0	0	21 227	0	246 221	0	224	0	0	267 672
AL	0	15 071	0	0	0	0	454 754	0	0	0	469 825
SN	3 042	0	0	0	7 509	24 185	0	66 090	0	0	100 826
WT	0	0	0	0	0	0	0	0	672	0	672
CS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	318 533	318 533

程度变化,该结果表明混交林和农业用地的破碎化程度有所降低。其中除暖温性针叶林,即松林、混交林和农业用地,其他类型的平均形状指数(MSI)都有所减小。除松林和疏生林有所减少,其他类型的周长面积分维指数(PAFRAC)变化不大。该结果表明松林、混交林和农业用地的形状变得更加不规则。而平均最邻近距离(MENN),除寒温性针叶林(云冷杉林)和硬叶常绿阔叶林(硬叶栎林)外,其他类型都减小。聚集度(COHESDN),除松林、混交林和灌草丛以外都增加。其中平均最邻近距离(MENN)和聚集度(COHESDN)指数都表明农业用地聚集程度有所增加。

松林的斑块形状变得不规则了;分离度也增大

了,同种斑块之间变得不紧密了;聚集度表示斑块的聚集程度,和斑块连接度相关,松林的聚集度也有所减小,破碎化程度增加。这与部分成材松被砍伐,并且植树造林形成的一些分散的小的松林斑块有关。

从表 4和图 7可以看出坡度为 25°以上区域的各种类型的面积变化情况。在 2000年至 2003年间,疏生林、农业用地和冰雪的面积指数(CA)都有所增加,其中农用地的面积增加了 103.14 hm<sup>2</sup>。而斑块数(NP),混交林、农业用地和冰雪都减少。混交林和农业用地的平均斑块面积(MPA),平均形状指数(MSI)都有所增加。而周长面积分维指数(PAFRAC),除松林,其他类型都增加。平均最邻近距离(MENN),除云冷杉林和松林以外,均减小了。除松

林、混交林和疏生林外, 其他类型的聚集度 (COHE-SDN) 指数都增加。从表 3 和表 4 可以看出, 无论是整个研究区还是坡度大于 25° 的区域, 农业用地的

斑块数, 平均最邻近距离减少了。而平均斑块面积、平均性状指数、周长面积分维数、聚集度有所增大。

表 3 2000 年和 2003 年两时期的植被图的各不同类型的指数

Table 3 The class metrics for the vegetation maps in 2000 and 2003

类型	CA		NP		AREA_MN		MSI_MN		PAFRAC		ENN_MN		COHESION	
	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003
FSF	24 641.10	24 594.48	3 670	3 678	6.714 2	6.686 9	1.317 0	1.315 6	1.322 7	1.324 3	147.219 5	148.551 5	97.297 8	97.351 9
PF	80 873.82	79 298.19	11 199	11 353	7.221 5	6.984 8	1.339 3	1.341 6	1.363 6	1.363 4	127.713 3	127.681 5	97.850 7	97.643 2
OF	24 005.97	24 005.97	7 051	7 051	3.404 6	3.404 6	1.327 7	1.327 7	1.340 8	1.340 8	149.920 4	149.920 4	93.156 2	93.167 3
MF	72 532.35	69 814.08	6 802	5 564	10.663 4	12.547 5	1.323 1	1.354 6	1.336 0	1.337 4	137.638 3	131.505 7	98.668 5	98.532 0
LDF	85 270.95	86 774.22	16 526	17 256	5.159 8	5.028 6	1.389 7	1.386 0	1.389 3	1.389 2	118.981 1	116.198 5	96.665 0	96.665 9
DSM	40 356.00	40 307.49	10 123	12 270	3.986 6	3.285 0	1.283 4	1.267 4	1.314 6	1.319 9	156.929 8	144.422 2	94.614 6	94.118 1
AL	90 449.01	90 290.97	7 295	6 953	12.398 8	12.985 9	1.276 0	1.276 6	1.318 9	1.321 4	148.463 6	145.458 9	99.345 0	99.427 0
SN	10 826.28	13 870.08	771	554	14.041 9	25.036 2	1.300 6	1.279 2	1.301 6	1.301 3	260.698 2	184.837 5	98.188 0	99.569 7
WT	1 320.57	1 320.57	117	117	11.286 9	11.286 9	1.682 0	1.682 0	1.512 1	1.512 1	1 402.59	1 402.59	97.713 8	97.725 4
CS	29 487.51	29 487.51	4 213	4 213	6.999 2	6.999 2	1.326 6	1.326 6	1.257 8	1.257 8	221.184 9	221.184 9	94.244 8	94.256 0

注: 表中英文缩写代码参见本文 1.2.3 节详解, 下同。

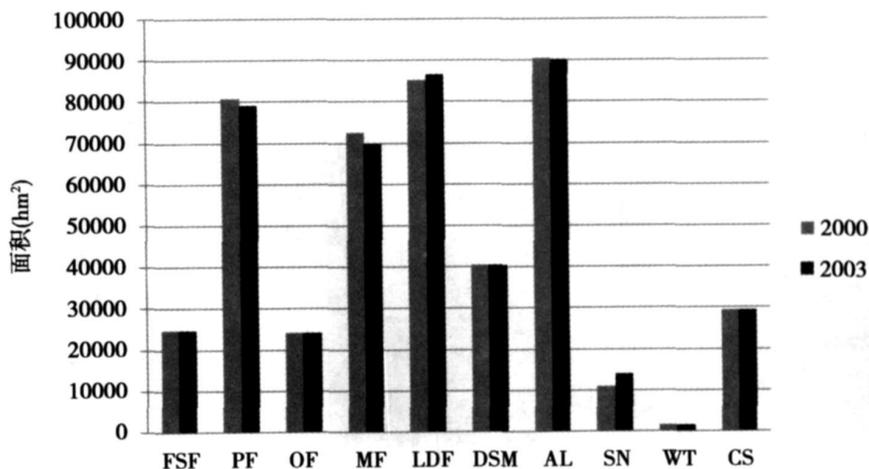


图 6 2000 年和 2003 年研究区各植被类型面积 (图中英文缩写代码参见本文 1.2.3 节详解, 下同)

Fig 6 Areas of vegetation types in study area in 2000 and 2003

农业用地的破碎程度有所减小, 分离度, 斑块数 (NP) 和平均最邻近距离 (MENN) 也减小了。农业用地的平均斑块面积 (MPA), 平均形状指数 (MSI), 聚集度 (COHESDN) 都增加了。说明农业用地趋向于变得规则和集中成片了。

斑块大小指数对于定量测定景观转变和破碎度

非常重要, 因为斑块中的总的能量和营养物质的多少是与斑块的面积成比例关系。基于上述的平均斑块面积指数的变化情况, 混交林和农业用地的破碎程度都有所减小。而平均形状指数和周长面积分维指数的变化指出, 松树林的斑块形状变得不规则。

平均最邻近距离是一个简单测定斑块连接度 (con-

text)指数,同时该指数已被用于定量的测定斑块的分离度,上述数据表明,除云冷杉林、松林,其他类型的分离度都有所减少,同种斑块之间变得紧密。聚集度表示斑块的聚集程度,和斑块连接度相关,除松树林、混交林减小外,其他类型都有所增加。

表 5和表 6显示出,2000年至 2003年间,无论是整个研究区还是坡度大于 25°区域中,蔓延度和集合指数都有所减小,表明该区域景观破碎化程度有所增加。而景观的丰富度指数和均一性指数都有所增加,表明该区域内景观类型的优势度有所增加。

表 4 坡度大于 25°区域的 2000年和 2003年两时期植被图的各不同类型的指数

Table 4 The class metrics for the vegetation maps on steep slope ( $\geq 25^\circ$ ) in 2000 and 2003

类型	CA		NP		AREA_MN		SHAPE_MN		PAFRAC		ENN_MN		COHESION	
	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003	2000	2003
FSF	15 053.13	15 031.35	5 187	5 236	2.902 1	2.870 8	1.361 4	1.359 8	1.415 6	1.416 6	121.800 3	121.805 1	94.355 9	94.381 7
PF	51 026.13	49 753.62	17 197	17 414	2.967 2	2.857 1	1.385 3	1.384 7	1.436 3	1.435 9	107.132 3	107.139 4	95.605 4	95.207 8
OF	16 824.33	16 824.33	9 008	9 008	1.867 7	1.867 7	1.339 0	1.339 0	1.406 1	1.406 1	131.056 4	131.056 4	90.299 7	90.299 7
MF	54 017.73	52 107.3	10 464	9 310	5.162 2	5.596 9	1.404 9	1.428 8	1.422 5	1.423 7	114.112 3	108.468 9	97.436 2	97.439 3
LDF	60 825.96	61 742.25	22 916	23 605	2.654 3	2.615 6	1.349 1	1.347 9	1.411 3	1.412 4	110.209 0	108.639 6	94.398 0	94.354 3
DSM	24 420.42	24 090.48	13 175	15 335	1.853 5	1.570 9	1.298 0	1.279 3	1.382 8	1.384 8	140.404 2	133.681 1	90.587 2	89.410 2
AL	42 181.11	42 284.25	15 426	15 285	2.734 4	2.766 4	1.364 0	1.366 7	1.450 5	1.452 9	113.985 2	111.273 6	97.284 6	97.350 2
SN	6 559.11	9 074.34	1 193	993	5.498 0	9.138 3	1.423 6	1.354 7	1.438 9	1.444 3	162.581 6	125.522 7	97.576 6	99.257 2
WT	60.48	60.48	254	254	0.238 1	0.238 1	1.171 5	1.171 5	1.603 3	1.603 3	475.687 2	475.687 2	50.964 9	50.964 9
CS	28 667.97	28 667.97	4 303	4 303	6.662 3	6.662 3	1.348 3	1.348 3	1.280 7	1.280 7	216.722 2	216.722 2	94.346 8	94.346 8

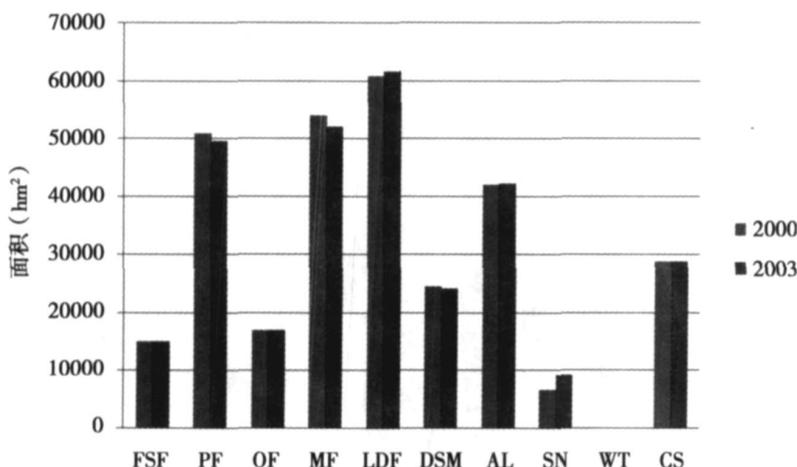


图 7 2000年和 2003年坡度为 25°以上研究区各植被类型面积

Fig 7 Areas of vegetation types in study area on steep slope ( $\geq 25^\circ$ ) in 2000 and 2003

表 5 2000年和 2003年两时期的植被图景观层次的各项指数

Table 5 The landscape level metrics for vegetation maps in 2000 and 2003

景观层次各指数	TA	CONTAG	SHDI	SIDI	SHEI	SIEI	AI
2000年	859 767.48	55.927 2	1.779 0	0.741 5	0.741 9	0.815 7	92.612 5
2003年	859 767.48	42.219 0	2.046 5	0.854 7	0.888 8	0.949 7	86.199 7

表 6 坡度大于 25° 区域 2000 和 2003 年植被图景观层次的各指数

Table 6 The landscape level metrics for vegetation maps on steep slope ( $> 25^\circ$ ) in 2000 and 2003

> 25° 区域 景观层次的各指数	TA	CONTAG	SHDI	SDI	SHEI	SIEI	AI
2000 年	859 767.48	42.439 2	2 036 2	0.855 5	0.884 3	0.950 6	77.037 8
2003 年	859 767.48	42.039 2	2 050 8	0.857 6	0.890 6	0.952 9	76.932 5

结合上述分析, 尽管退耕还林政策实施使部分的农业用地恢复成疏生林, 但是由于研究的时间尺度较短, 并且是该政策实施的初期, 对该区域的整体植被景观格局的影响不是很大, 相反其他人类活动, 如公路和电站建设对该区域植被景观格局变化影响相对较大。

### 3 讨论和结论

包括冰雪、水体和阴影在内, 该研究区有 10 种土地覆盖类型。其中冰雪和水体的变化和退耕还林工程的进行关联较小, 对它们进行分析的重要性较小, 其结果的参考性也小。

如上所述, 从植被类型转移矩阵可以看出该区域植被在 2000 年至 2003 年间总体变化不大。主要变化是因冰雪面积变化引起的, 尽管所采用两期影像是在同一季节获取的 (2000-12-25 和 2003-12-26), 但是由于气候变化造成了冰雪面积的变化明显。

此外松林面积有所减少 (见表 3 和表 4), 表 1 和表 2 中显示出是部分松树林转变成农业用地, 引起这一变化的主要原因是由于给区域新修和改扩建公路以及修建水电站引起部分移民变迁, 而形成移民村所造成部分松树林被砍伐而减少。如上所述, 混交林减少主要是由于当地居民薪材及建筑用材采伐造成部分混交林被转变成灌草丛的主要原因。当地林业部门实施的植树造林政策使部分灌草丛转变成了松林

另外, 上述研究结果显示出部分农业用地在此 3 a 中转变成了疏生林, 其中 65.4% 是发生在坡度大于 25° 的区域, 引起这一转变的主要原因是退耕还林政策驱动的结果。

农业用地的破碎程度和分离度有所减小, 而连接度和聚集度斑块数有所都增加了, 说明农业用地趋向于变得规则和集中成片了, 这有利于农业用地的利用和管理。在坡度大于 25° 区域中, 农用地的

面积增加了 103.14  $\text{km}^2$ 。同样, 造成这一变化的主要原因主要是由于当地的修建和扩建公路以及电站工程建设引起部分移民搬迁, 形成新的移民村, 开垦现有的部分松树林使其变成建筑用地和农业用地。此外, 该区域位于高山峡谷区域, 根据 2000 年的植被图可以统计出, 其中有 46.64% 的农业用地分布在坡度大于 25° 以上的区域。如果严格的按照退耕还林政策执行 (大于 25° 以上的耕地退耕) 那么就会造成该区域原本耕地资源短缺的状况更加加剧, 所以如何执行退耕还林政策, 尽可能的将一些陡坡耕地退还成林地, 保护和恢复当地生态环境, 当地政府及相关部门需要加强退耕还林工程的宣传工作, 确实落实针对退耕还林的资金和粮食补助, 改变现有落后的耕种方式, 走可持续发展的农业生产道路, 增加农业的附加值, 使当地人的收入多样化和提高当地人的经济收入。

此外, 从区域景观层次看, 该区域的植被景观破碎化程度和景观类型优势程度都有所增加, 如上所述引起这一变化的主要原因主要还是公路和电站建设, 由于该研究的时间尺度较短退耕还林政策对整体植被空间格局变化的驱动作用并非十分明显。

由于本研究受所采用的两期影像数据时空分辨率的制约, 这对我们准确测定退耕区域的植被变化带来一定的限制, 但是此研究为将来利用最新的高分辨率影像数据进一步监测和分析退耕还林政策对山区植被变化所产生的驱动作用以及其所带来的生态效应奠定一定的基础。尽管如此, 本研究结果还是能够部分反映出该政策实施对山区植被变化的驱动作用。

总之, 在退耕还林这项林业生态工程实施的初期阶段 (在我国长江上游、黄河上中游各有关地区开展退耕还林还草的试点工作开展期间), 2000 年至 2003 年间, 研究区内总的农业用地面积有所减少; 同时松林、混交林的面积也有所减少; 而疏生林面积明显增加。表明在实施退耕的同时, 有部分农业用地被恢复成疏生林, 同时又有部分林地被开垦

为农业用地和建设用地。并且农业用地趋向于变得规则和集中成片了,这有利于农业用地的利用和管理。但是当地的退耕还林过程中有许多不可预期的问题,存在保护与发展不协调的情况,所以退耕还林政策如何很好的实施还有相当长的路要走,后继工作有许多方面还需要改进。

**致谢** 作者感谢兰坪县、维西县林业局及美国大自然保护协会(The Nature Conservancy, TNC)在野外调查中给予的大力帮助,感谢比利时根特大学森林管理与空间信息技术实验室的所有同事对作者工作的支持。

## 参考文献 (References)

- [ 1 ] Fu Bojie, Chen Liding, Ma Kaming, *et al* Elements and Application of Landscape Ecology [ M ]. Beijing: Science Press, 2001 [傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用 [ M ]. 北京: 科学出版社, 2001]
- [ 2 ] Lambin E. F., Geist H. J., Lepers E. Dynamics of land use and land cover change in tropical regions [ J ]. *Annual Review of Environment and Resources*, 2003, 28: 205~ 241
- [ 3 ] Liu Jiyuan, Zhang Zengxin, Zhuang Dafang, *et al* A study on the spatial-temporal dynamic changes of land-use and driving forces analyses of China in the 1990 [ J ]. *Geographical Research*, 2003, 22 ( 1 ): 1~ 12 [刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 中国 90年代土地利用的时空变化及驱动力分析 [ J ]. 地理研究, 2003, 22(1): 1~ 12]
- [ 4 ] Ren Zhiyuan, Zhang Yanfeng. Changes of Land-use and Ecological Security Estimates [ M ]. Beijing: Science Press, 2003 [任志远, 张艳芳. 土地利用变化与生态安全评价 [ M ]. 北京: 科学出版社, 2003]
- [ 5 ] Shi Peijun, Jiang Yuan, Wang Jingai, *et al* Land-use and Cover Changes Correspond to Ecological Security [ M ]. Beijing: Science Press, 2003 [史培军, 江源, 王静爱, 等. 土地利用 覆盖变化与生态安全相应机制 [ M ]. 北京: 科学出版社, 2003]
- [ 6 ] Wu Jianguo. The key research topics in landscape ecology [ J ]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24( 9 ): 2074~ 2076 [邬建国. 景观生态学中的重要问题 [ J ]. 生态学报, 2004, 24 ( 9 ): 2074 ~ 2076]
- [ 7 ] Chen L., Wang J., Bojie F. *et al* Land-use change in a small catchment of northern Loess Plateau, China [ J ]. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 2001, 86: 163~ 172
- [ 8 ] Hietel E., Walthard R., Otte A. Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany [ J ]. *Landscape Ecology*, 2004, 19: 473~ 489
- [ 9 ] Li Ping, Li Xubin, Liu Xuejun. Macro-analysis on the driving forces of the land-use change in China [ J ]. *Geographical Research*, 2001, 20( 2 ): 129~ 138 [李平, 李秀彬, 刘学军. 中国土地利用变化驱动力的宏观经济学研究 [ J ]. 地理研究, 2001, 20(2): 129~ 138]
- [ 10 ] Li Xubin. Change of arable land area in China during the past 20 years and its policy implications [ J ]. *Journal of Natural Resources*, 1999, 14 ( 4 ): 329~ 333 [李秀彬. 中国耕地过去 20年的变化及政策的连带反应 [ J ]. 自然资源学报, 1999, 14 ( 4 ): 329~ 333]
- [ 11 ] Pan D., Dymon G., De Bbis S. *et al* Temporal (1958~ 1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes [ J ]. *Landscape Ecology*, 1999, 14: 35~ 52
- [ 12 ] Reil R. S., Kuska R. L., Muthi N., *et al* Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southern Ethiopia [ J ]. *Landscape Ecology*, 2000, 15: 339~ 355
- [ 13 ] Brgi M., Herspenger A. M., Schneeberger N. Driving forces of landscape change—current and new directions [ J ]. *Landscape Ecology*, 2004, 19: 857~ 868
- [ 14 ] Dai Kaijie, Tang Li. The significance of the project of “conversion of cultivated land back to forests” in the west part of China and the coupling of various factors for the project [ J ]. *Journal of Southwest Agricultural University (Social Science Edition)*, 2004, 2 ( 3 ): 15~ 18 [戴开结, 唐丽. “退耕还林”工程对于中国西部的重要性及其各种关联因子 [ J ]. 西南农业大学学报 (社会科学版), 2004, 2 ( 3 ): 15~ 18]
- [ 15 ] Hu Huake, Zheng Chunyan. 3S Technology and its application in converting cultivated land to forest [ J ]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2006, 13 ( 4 ): 54~ 56 [胡华科, 郑春燕. 3S技术及它在耕地转变成森林时的应用 [ J ]. 水土保持研究, 2006, 13 ( 4 ): 54~ 56]
- [ 16 ] Yang Zhengli. Advances in the research on returning farmland to forestry or pasture in China and the general approach [ J ]. *Forest Research*, 2004, 17 ( 4 ): 512~ 518 [杨正礼. 中国退耕还林 还草研究进展以及一般方法 [ J ]. 林业科学研究, 2004, 17 ( 4 ): 512~ 518]
- [ 17 ] Cao Jianjun, Mao Tianbao, Cai Xiqin, *et al* Application of SPOT5 in update of land-use information system [ J ]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2004, 19 ( 5 ): 312~ 314 [曹建君, 苗天宝, 蔡喜琴, 等. 利用 SPOT5更新土地利用信息系统 [ J ]. 遥感技术与应用, 2004, 19 ( 5 ): 312~ 314]
- [ 18 ] Yang Caojun, Hu Tingting, Liu Bo, *et al* A study on monitoring dynamic change of forest land by remote sensing and GIS in the region of returning cultivated land to forest [ J ]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2006( 1 ): 38~ 40 [杨朝俊, 胡庭兴, 刘波, 等. 关于利用遥感和 GIS监测退耕还林区域森林动态变化的研究 [ J ]. 遥感技术与应用, 2006(1): 38~ 40]
- [ 19 ] Li Shilong, Zhang Lixia. Mechanism analysis of optimized model of conversion from farmland to forestland in the hillgully sub-region of Loess Plateau [ J ]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15 ( 9 ): 1541~ 1546 [李世东, 张丽霞. Loess Plateau的溪谷区域退耕还林理想模型的机制分析 [ J ]. 应用生态学报, 2004, 15 ( 9 ): 1541~ 1546]
- [ 20 ] Li Shilong, Li Wenzhong, Li Fuyuan, *et al* Study on evaluation of afforestation ecological functions in returning farmland to forest project area in Datong County of Qinghai Province [ J ]. *Research of*

- Soil and Water Conservation*, 2006, 13(3): 252~254 [李世荣, 李文忠, 李福源, 等. 青海省大同县退耕还林实行区域的人工林生态功能评估的研究 [J]. 水土保持研究, 2006, 13(3): 252~254]
- [21] Zhang Xiaoping, Gao Zhaoliang. Characteristics of land use change and afforestation distribution in middle scale region of loess plateau [J]. *Ecological Economy*, 1999, 31~35 [张晓萍, 高照良. 黄土高原中尺度区域土地利用变化和人工林分布 [J]. 前沿论坛, 1999, 31~35]
- [22] Zhao Feng, Ju Hongbo, Huang Jianwen, et al. Landscape changes after conversion of cropland to forest project implementation in Xichang area [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(1): 56~61 [赵峰, 鞠洪波, 黄建文, 等. 西昌地区实施退耕还林工程后的景观格局变化 [J]. 林业科学, 2006, 42(1): 56~61]
- [23] Zhang Zhiming, Lieven Verbeke, Eva De Clercq, et al. Vegetation change detection using artificial neural networks with ancillary data in Xishuangbanna, Yunnan Province, China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2007, 52(Suppl II): 201~210 [张志明, Lieven Verbeke, Eva De Clercq, 等. 利用人工神经网络分析西双版纳植被变化 [J]. 科学通报, 2007, 52(增 II): 201~210]
- [24] Benediktsson J. A., Sveinsson J. R. Feature extraction for multi-source data classification with artificial neural networks [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1997, 8: 727~740
- [25] Foody G. M., Arora M. K. Evaluation of some factors affecting the accuracy of classification by an artificial neural network [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1997, 18: 799~810
- [26] Ritters K. H., O'Neill R. V., Hunsaker C. T., et al. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics [J]. *Landscape Ecology*, 1995, 10: 23~39
- [27] Honnay O., Piessens K., Van Landuyt W., et al. Satellite based land use and landscape complexity indices as predictors for regional plant species diversity [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2003, 63: 241~250
- [28] Amot C., Fisher P., Wadsworth R., et al. Landscape metrics within ecotones: pattern under uncertainty [J]. *Landscape Ecology*, 2004, 19: 181~195
- [29] McGarigal K., Cushman S. A., Neel M. C., et al. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts Amherst, 2002 [EB/OL]. [www.umass.edu/landeco/research/fragstats.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats.html)

## Mountain Vegetation Spatial Pattern Changes Affected by Slope Land Conservation Program (SLCP)

ZHANG Zhiming SUN Changqing OU Xiaokun

(Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract** In order to analyze the effects of slope land conservation program (SLCP), the changes of vegetation spatial pattern between 2000 and 2003 were detected by using artificial neural networks (ANN) change detection technique. Landscape metrics were used to quantify the vegetation changes. In this study, the slope lands more than  $25^\circ$  were focused on. The results showed that about  $1\,757\text{ hm}^2$  pine forest changed into agriculture land, about  $2\,718\text{ hm}^2$  mixed forest transferred into dwarf shrub and meadow, about  $181\text{ hm}^2$  dwarf shrub and meadow changed into pine forest from 2000 to 2003. In addition, in the span of three years about  $1\,915\text{ hm}^2$  agriculture land changed into low density and tall shrubs. 65.4% of this change occurred in steep slope land (more than  $25^\circ$ ). In class level, the area of fir and spruce forest, pine forest, mixed forests, agriculture land increased obviously, while low density forest and tall shrubs, dwarf shrub and meadow decreased dramatically. It indicates that some SLCP drove some agriculture land change into forest or low density forest in the span of three years. However, part of low density forest and tall shrubs, dwarf shrub and meadow were opened for farmland during the three years (2000~2003). In landscape level, the fragmentation degree of the whole research area had decreased and many of landscape types' shape became more regular, meanwhile the relationship between patch types became closer. It indicates that the landscape fragmentation is increased. The diversity and evenness are increased. It means that the dominance of landscape is increased.

**Key words** slope land conservation program; landscape spatial pattern; landscape metrics; land cover type; slope