

## 基于 RS 与 GIS 的东至县梅城林场森林景观格局动态分析

王小东, 陆长华, 黄庆丰\*

(安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036)

**摘要:** 以安徽省东至县梅城林场 1999、2002 和 2006 年同期 LandsatETM+遥感图像为主要数据源, 辅以该林场森林资源二类清查数据、1:1 万小班地形图、1:2.5 万林相图及小班调查卡片, 利用 Erdas9.0 对遥感图像进行波段组合、几何校正、图像融合等预处理, 选用非监督分类方法进行了不同时期森林景观分类, 形成森林景观影像专题图, 并将其输入 FRAGSTATS 景观分析软件, 计算各类森林景观指数, 分析对比梅城林场不同时期森林景观格局动态变化, 为森林景观规划提供依据。结果表明, 1999 至 2006 年间梅城林场森林景观破碎程度逐渐降低, 但仍以马尾松和杉木林为优势森林景观; 阔叶林和针阔混交林面积呈上升趋势; 森林景观斑块的形状较为规则和简单; 森林景观连通度增加。

**关键词:** 遥感与地理信息系统; 森林景观格局; 动态变化; 梅城林场

中图分类号: S712; S718.545

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2011)04-0522-06

### Dynamic analysis of the forest landscape pattern of Meicheng forest-farm in Dongzhi county of Anhui Province based on RS and GIS

WANG Xiao-dong, LU Chang-hua, HUANG Qing-feng

(School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

**Abstract:** LandsatETM and RS images of Meicheng forest-farm in Dongzhi county of Anhui Province in the year of 1999, 2002 and 2006 were used as the main data sources to analyze the landscape pattern of Meicheng forest-farm, along with the data of forest management inventory, 1:10000 sub-compartment topographic map, 1:25000 forest form map and the cards of sub-compartment. Based on the remote sensing images that were pre-treated with band combination, geometric correction, image fusion etc by Erdas9.0, the forest landscape in different periods were classified and mapped by the method of unsupervised classification. The forest landscape indices were calculated in FRAGSTATS. The dynamic changes in the different periods of forest landscape were analyzed based on the forest landscape indices, which could provide the basis for forest landscape planning. The results shows that the fragmentation of the forest landscape of Meicheng forest-farm gradually reduced from 1999 to 2006, but *Pinus massoniana* and *Cunninghamia lanceolata* were still the dominant types in the forest landscape pattern. The area of the broad-leaved forest and the coniferous-broad-leaved mixed forest increased. The shape of the forest landscape was regular and simple. The connectivity of forest landscapes increased.

**Key words:** RS and GIS (remote sensing and geographic information system); forest landscape pattern; dynamic changes; Meicheng forest-farm

森林景观是以森林生态系统为主体所构成的景观。森林景观生态研究的对象是以森林生态系统为主体所构成的森林景观, 也包括森林在景观整体格局和功能中发挥重要作用的其它类型的景观。其目的在于通过对森林景观结构、功能、动态变化以及

它们之间的相互影响和控制机制的研究, 揭示基本规律, 掌握调控手段, 以科学规划与设计为手段, 对景观实施生态保护、恢复、建设和科学管理<sup>[1]</sup>。景观动态是对景观遭受干扰时发生变化的现象的研究, 是分析景观结构和功能随时间变化的过程, 包

收稿日期: 2011-02-14

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31070569) 资助。

作者简介: 王小东, 男, 硕士研究生。E-mail: sky\_sunny@163.com

\* 通讯作者: 黄庆丰, 男, 教授。E-mail: huangqf@ahau.edu.cn

括组分之间复杂的相互转换<sup>[2]</sup>。

目前国内现有的景观动态变化研究<sup>[3-5]</sup>大多采用 RS 与 GIS 相结合的手段,其优势在于结合 RS 与 GIS 技术对景观格局进行动态分析,可以快速的分析出森林景观斑块的转移和变化,揭示其变化规律,并以科学的规划与设计为调控手段,为景观规划和管理提供理论依据。本试验以梅城林场为研究对象,在 RS 与 GIS 技术的支持下,利用景观格局指数定量分析梅城林场 1999 年、2002 年、2006 年 3 个时相的森林景观格局的动态变化,揭示其景观时空动态变化的演变规律,为其优化森林景观结构和科学的经营管理提供理论依据。

## 1 研究地概况

梅城林场位于安徽省西南部,东至县城北 2.5 km,东经 116°56'~116°77',北纬 30°5'~30°10',经营面积 1 931.468 hm<sup>2</sup>。北亚热带湿润季风气候,年内四季分明,年平均气温 16.1℃,无霜期 220 d,年降雨量 1 530.6 mm,年蒸发量 1 475.1 mm,相对湿度 80%。地带性植被为北亚热带常绿阔叶林与落叶阔叶混交林,主要乔木树种有杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、檫树(*Sassafras tsumu*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、枫香(*Liquidambar formosana*)、黄檀(*Dalbergia hupeana*)等。地形地貌为皖南山区黄山山脉外围的低山区,境内最高海拔为青家田三岗尖 648 m,大多在 150~250 m 之间,相对高差 50~300 m。土壤主要为紫色砂岩发育而成的紫砂土,土壤厚度 40~80 cm,质地轻壤至重壤土,pH 值 4.2~6.5;由石灰岩发育而成的扁石石灰土、土层浅薄、质地重壤至轻粘土,pH 值 6.5~8.0;由砂页岩发育而成的中层扁石黄红壤,土层厚度 30~60 cm,质地中壤,pH 值 4.5~6.0。

## 2 数据与研究方法

### 2.1 数据源与软件环境

以梅城林场 1999、2002 和 2006 年同期 LandsatETM+遥感图像为主要数据源,辅以该场森林资源二类清查数据、1:1 万小班地形图、1:2.5 万林相图及小班调查卡片。以 Erdas9.0 为操作平台,对遥感影像进行预处理及森林景观分类,以得到不同时相的森林景观资源专题图,最后利用景观结构分析软件 FRAGSTATS 的栅格版进行景观指数计算和分析。

### 2.2 遥感影像数据预处理

首先利用 Erdas9.0 图像处理软件对遥感影像进行几何精校正,获得校正后的影像<sup>[6]</sup>。对于波段的选择,经过不同波段组合的对比和分析研究及现有的研究成果<sup>[7-9]</sup>,最终确定为 4、5、3 的组合最利于目视判读和计算机自动分类。由于梅城林场只是在原始影像中的很小的一部分,需要对原始影像进行裁剪。为此,以梅城林场 1:2.5 万林相图为本底,利用 Arcgis 软件对梅城林场的边界进行矢量化,并将矢量化结果叠加在遥感影像上,利用 Erdas 软件的 AOI 功能将梅城林场从原始影像中裁出。然后对影像进行必要的增强处理,以提高图像的视觉效果和可解译性,采用直方图均衡化和分辨率融合的方法进行图像增强<sup>[10]</sup>,效果对比如图 1 和图 2。

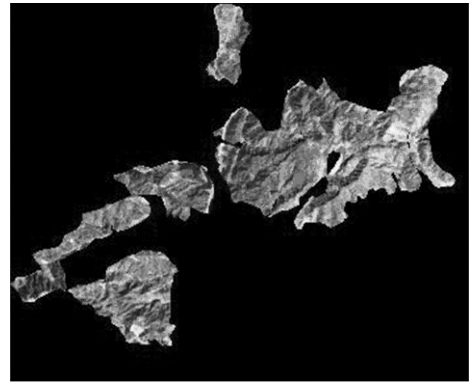


图 1 原遥感图像  
Figure 1 The original image

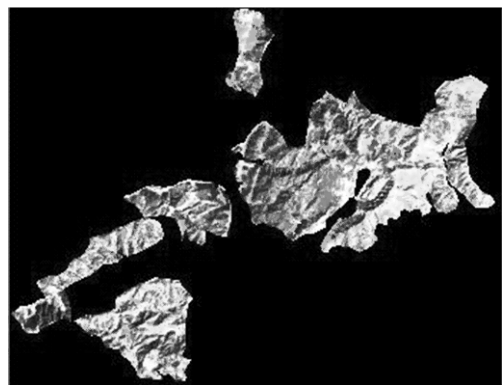


图 2 增强后的图像  
Figure 2 The enhanced image

### 2.3 森林景观类型划分及遥感分类

本研究以森林景观为主要对象,探讨研究区景观格局动态变化。因此,其景观类型的划分既要满足研究的需要,又要从现有资料的实际情况出发制定划分标准。依据梅城林场 1999 年、2002 年和 2006

年的森林资源二类调查资料，结合遥感影像可识别的类型，根据研究区域植被的分布规律、演替过程，综合土地利用和土地覆被情况进行分类。分为马尾松、杉木幼龄林、杉木中龄林、杉木近成熟林、侧柏、阔叶林、针阔混交林、灌木林、辅助生产用地等9类。

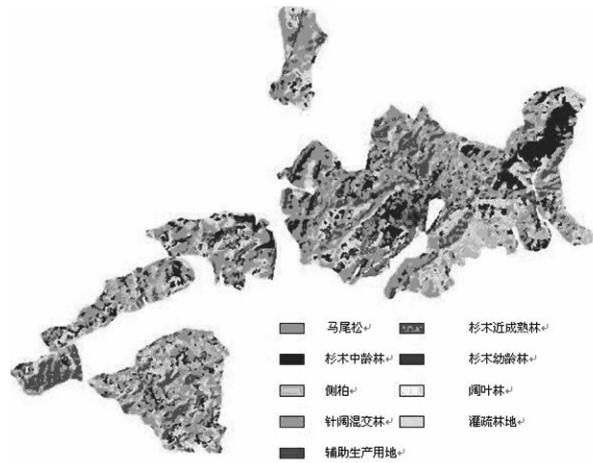


图 3 2006 年梅城林场森林景观分布

Figure 3 Map of forest landscape of Meicheng forest-farm in 2006

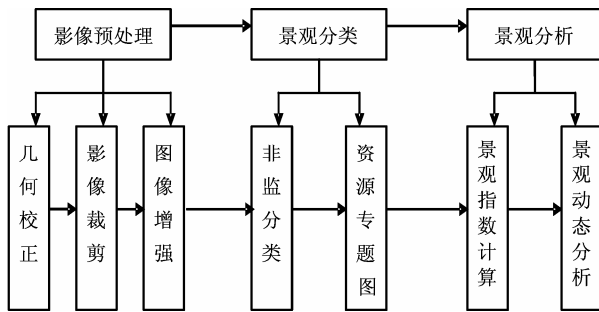


图 4 研究技术路线

Figure 4 Research procedure

计算机自动图像分类就是基于图像像元的数据文件值，将像元归并成有限几种类型、等级或数据集的过程。常规图像分类主要有两种方法—非监督分类与监督分类。由于地形、气候等因素造成的同物异谱的原因，应用监督分类方法，建立样本有些困难，故本研究采用人为主观因素少的非监督方法进行分类。完成非监督分类后，将矢量化的小班边界叠加在影像上，作为确定景观类型的参考依据。由于实际的经营管理中，并不需要精细到面积较小的小班，所以本研究将分类后的影像中小于四个象元的小斑块（即面积小于 1 100 m<sup>2</sup> 的斑块）进行去除并合并到邻近的斑块中，得到最终的森林景观分

类图（图 3）。然后将遥感影像的栅格数据导入 FRAGSTATS 栅格版进行景观指数的计算。具体技术路线如图 4。

2.4 景观指数选择及结果分析

对于景观指数的选择，国内外专家学者已经提出了一些定量指标<sup>[1,3,10-12]</sup>，结合本研究实际需要选择的景观指数如下：

类型水平上：斑块面积，斑块数，面积百分比，斑块密度，分维数，连通性指数。

景观水平上：斑块密度，平均斑块面积，分维数，香农型多样性指数，香农型均匀度指数。

2.4.1 斑块组成分析 不同时期的森林景观斑块组成如表 1 所示。由该表知，梅城林场的总面积没有发生明显变化，但同期的斑块总数变化趋势明显，1999 年到 2006 年间的斑块总数由 3 840 块下降到 2 389 块，下降幅度达到 37.79%，表明梅城林场森林景观总体的破碎化程度得到明显的缓解。从面积百分比情况来看，各景观组成的面积分配不均衡，杉木林和马尾松林在整个景观中占绝对优势且分布最为广泛。

马尾松和侧柏景观面积期间略有增加，但变化不大，总体面积趋于稳定，但马尾松和侧柏景观的斑块数却有明显下降的趋势，马尾松斑块数下降幅度达到 46.95%，而侧柏斑块数下降幅度达到 35.92%，说明马尾松和侧柏景观的破碎化程度逐渐下降，总体结构趋于稳定合理。杉木林在 1999 年到 2002 年间变化甚微，而 2002 到 2006 年间面积下降趋势明显，从 745.347 5 hm<sup>2</sup> 下降到 600.995 hm<sup>2</sup>，下降幅度达到 19.37%，其中杉木中龄林的下降趋势最为明显，杉木幼龄林面积却有略微增加。阔叶林和针阔混交林景观面积呈上升的趋势，其增幅分别为 21.86%和 12.71%；从其斑块数下降的趋势来看，阔叶林和针阔混交林景观正在由零散分布的小斑块逐步向集中的大斑块发展。灌木林景观面积在 1999 年到 2002 年变化不大，但在 2002 年到 2006 年却大幅度增加，增幅分 22.88%；而斑块数却呈波动性变化—先减少后增加，其增加的灌木林多是海拔较高的地区。辅助生产用地的面积和斑块数都在逐年增加，则反映了林场工作和交通条件的改善。

2.4.2 类型水平上的景观指数分析 斑块密度指数（patch density）是反映景观格局破碎化的分析指数，数值越大，破碎化越严重。由表 2 可知，各景观类型的斑块密度指数都在增加，表明森林景观的格局破碎化程度的逐渐降低。

表 1 斑块组成上的动态变化  
Table 1 Dynamic changes of the patches' components

森林景观类型 Type	1999			2002			2006		
	CA/hm <sup>2</sup>	NP	PLAND/%	CA/hm <sup>2</sup>	NP	PLAND/%	CA/hm <sup>2</sup>	NP	PLAND/%
马尾松 <i>P. massoniana</i>	684.630 0	722	35.45	691.077 5	477	35.78	704.632 5	383	36.48
杉木近成熟林 Near-nature stand of China fir	262.665 0	575	13.60	255.677 5	587	13.24	205.760 0	228	10.61
杉木中龄林 Half-mature forest of China fir	432.957 5	681	22.41	411.605 0	662	22.86	339.175 0	411	17.56
杉木幼龄林 Young forest of China fir	49.725 0	142	2.42	50.940 0	140	2.64	56.060 0	123	2.90
侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>	133.452 5	451	6.91	137.845 0	381	7.34	159.775 0	289	8.27
阔叶林 Broad-leaved forest	104.017 5	435	5.36	110.165 0	365	5.70	133.120 0	310	6.89
针阔混交林 Conifer broadleaved mixed forests	84.980 0	349	4.40	89.235 0	342	4.62	97.357 5	213	5.04
灌木林 Shrubbery forest	154.572 5	458	8.00	156.152 5	146	8.08	202.470 0	370	10.48
辅助生产用地 Land for auxiliary production	24.467 5	27	1.27	28.770 0	47	1.49	32.420 0	62	1.68

CA(Patch area, 斑块面积); NP(Number of patch, 斑块数); PLAND(Patches percentage, 斑块百分比)

表 2 类型水平上的景观指数分析  
Table 2 Analysis of landscape indices at class level

森林景观类型 Type	1999			2002			2006		
	PD	FRAC	COHESION	PD	FRAC	COHESION	PD	FRAC	COHESION
马尾松 <i>P. massoniana</i>	7.141 0	1.117 3	94.080 0	6.039 1	1.125 7	95.977 6	4.849 0	1.135 7	97.956 2
杉木幼龄林 Young forest of China fir	1.797 8	1.113 3	83.775 7	1.621 1	1.105 9	83.451 6	1.557 3	1.046 8	88.121 8
杉木中龄林 Half-mature forest of China fir	8.621 9	1.108 5	90.740 0	7.862 3	1.104 8	91.138 7	6.203 5	1.103 8	92.413 2
杉木近成熟林 Near-nature stand of China fir	7.279 9	1.109 3	84.802 7	7.431 8	1.105 8	88.739 5	2.886 6	1.104 9	90.078 6
侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>	5.710 0	1.097 2	84.753 5	4.823 7	1.079 5	83.751 6	3.658 9	1.077 1	88.214 1
阔叶林 Broad-leaved forest	5.507 4	1.097 4	73.560 1	4.621 1	1.107 3	84.523 2	3.924 8	1.113 9	83.118 7
针阔混交林 Conifer broadleaved Mixed forests	4.418 6	1.106 0	76.612 7	3.330 0	1.108 3	76.803 8	2.696 7	1.112 3	84.778 5
灌木林 Shrubbery forest	7.064 7	1.212 0	81.804 2	6.342 0	1.151 1	92.198 3	4.684 5	1.106 3	89.138 9
辅助生产用地 Land for auxiliary production	0.785 0	1.067 0	83.547 1	0.581 3	1.098 8	85.219 5	0.341 8	1.101 9	87.767 7

PD(Patch density, 斑块密度); FRAC (Fractal dimension index, 分维数); COHESION (连通性指数)。

分维数 (fractal dimension index) 是用来测定斑块形状的复杂程度, 在一定程度上亦可反映出人类活动对景观格局的影响与干扰强度。从总体来看, 各个时期的分维数都较小, 这是因为梅城林场森林

景观大部分都是人工林, 而人工林斑块形状较为规则, 因此分维数较低。马尾松林的分维数最高, 并且略有增加, 这可能是因为林场经营管理和造林的重点不在马尾松林上, 林地斑块的边界自然更新,

使其形状变为复杂。杉木林和侧柏的分维数在整个时间段内，都是持续降低的，这是由于两者都是人工林，容易形成较为规则的边界。灌木林的分维数虽然也是逐渐变小，但情况却与杉木林有所不同，其原因是与其相邻的斑块边界趋于规整而导致的自身的边界变得简单。阔叶林和针阔混交林的分维数都是持续上升的，说明其稳定性的逐渐降低，并由于阔叶林和针阔混交林多是以小斑块零散分布在各森林景观中，受到其它景观斑块的扩展和收缩的影响，形状逐渐复杂，边界逐渐曲折。

连通性指数 (cohesion index) 是用于反映景观类型的空间连接度，其值越大，说明景观的空间连通性越高。研究区内各景观类型的连通度都普遍增加，其中对景观起着重要作用的马尾松、杉木近成熟林、杉木中龄林在本研究时期阶段内连通性指数均是最大，其连通性较好，有利于生境内物质和能量的流动和生物多样性的增加。侧柏和灌木林均是先增加后减小，呈现一定波动，这与斑块的面积和斑块数量的变化有关，是受人为作用的结果。而阔叶林和针阔混交林的连通性虽是逐年增加，但在研究区内均是最低，这是由于其斑块面积较小及斑块较为分散的原因。

**2.4.3 景观水平上的景观指数分析** 在景观水平上，斑块密度 (patch density) 是评价景观完整性和破碎化的重要指标之一，其数量的大小可以反映景

观破碎化程度及空间异质性的尺寸，数值越大说明破碎程度越大。平均斑块面积 (patch of area-mean) 也是评价景观破碎化程度的指标之一，它与斑块数量及斑块的总面积有关，与破碎化呈反比，平均斑块面积越大，则破碎度越低。如表 3 所示，从 1999 年到 2006 年间其斑块密度明显逐渐减小，相应的平均斑块面积在逐渐增加，表明林场整个森林景观的破碎化程度逐渐降低。

1999 年至 2006 年间的景观平均分维数 (fractal dimension index-mean) 总体偏低而略有减少，说明梅城林场森林景观受人为的影响较大，斑块的形状较为规则和简单；并且随着斑块数的逐渐减少而形成大斑块，形状较为简单的大斑块逐渐占据森林景观的主导地位，所以分维数略有降低。

香农多样性指数 (Shannon's diversity index) 和香农均匀度指数 (Shannon's evenness index) 反映的是整个景观斑块类型的变化情况及各斑块在景观中分布的情况。从表 3 可知，1999 年到 2006 年的香农多样性指数和香农均匀度指数变化甚微，说明研究区景观类型没有明显的变化，而香农多样性指数的增加则表明稀有斑块对信息的贡献加大，各斑块在景观中分布呈均衡化趋势。香农均匀度指数的增加也同样表示出优势斑块类型对景观支配的减弱，即各斑块在景观中分布呈均衡化趋势。

表 3 景观水平上的景观指数分析  
Table 3 Analysis of landscape indices at landscape level

年份 Year	PD	AREA_MN	FRAC_MN	SHEI	SHDI
1999	49.933 7	2.002 7	1.111 5	0.435 2	1.002 2
2002	39.754 5	2.515 4	1.111 1	0.438 5	1.009 8
2006	30.297 0	3.300 7	1.079 0	0.440 5	1.014 3

PD (Patch density, 斑块密度); AREA\_MN (Average patch area, 平均斑块面积); FRAC\_MN (Fractal dimension index, 平均分维数); SHEI (Shannon evenness index, 香农均匀度指数); SHDI (Shannon diversity index, 香农多样性指数)

### 3 小结与讨论

1999 年到 2006 年间梅城林场森林景观斑块总数由 3 840 块下降到 2 389 块，下降幅度达到 37.79%，森林景观总体的破碎化程度得到明显的缓解。杉木林和马尾松林在整个景观中占绝对优势且分布最为广泛。

马尾松和侧柏景观面积期间略有增加，但斑块数却有明显下降的趋势，下降幅度分别为 46.95% 和 35.92%；杉木林景观面积变化甚微；阔叶林和针阔混交林景观面积呈上升趋势，其增幅分别为 21.86%

和 12.71%；灌木林景观面积期间变化不大。

各景观类型的斑块密度指数都在增加，表明森林景观格局破碎化程度的逐渐降低；各时期的斑块分维数都较小，说明梅城林场森林景观受人为的影响较大，斑块的形状较为规则和简单；各景观类型的连通度都普遍增加，其中对景观起着重要作用的马尾松、杉木近成熟林、杉木中龄林在本研究时期阶段内连通性指数均是最大。

梅城林场是以生产木材为主的国有林场，受人为因素的影响较大，森林景观多样性不高，针叶林多而阔叶林和混交林较少，这种格局不利于充分发

挥森林的生态、经济和社会效益。今后应该多营造阔叶林和混交林, 这样有利于水土保持、改良土壤、抑制病虫害、降低火险, 提高生态环境质量。

影像分辨率、山体阴影等因素的影响, 会对森林景观分类精度产生一定的影响, 所以采用单纯的非监督分类的方法不是满足实际需要的最佳途径, 本研究曾尝试采用非监督分类和监督分类相结合的方法, 以提高分类的精度, 但其实用性和效果需要进一步的研究。

### 参考文献:

- [1] 郭晋平. 森林景观生态研究[M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [2] 张会儒. 天然林资源动态时空分析评价技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [3] 刘常富, 孙冉, 李小马, 等. 基于 GS 与 GIS 的沈阳城市森林景观格局动态变化[J]. 东北林业大学学报, 2009, 36(4): 13-15.
- [4] 陆元昌, 陈敬忠, 洪玲霞, 等. 遥感影像分类技术在森林景观分类评价中的应用研究[J]. 林业科学研究. 2005, 18(1): 31-35.
- [5] 陈振雄, 李际平, 刘素青, 等. 基于 RS 和 GIS 的天鹅山林场森林景观格局研究[J]. 林业调查规划, 2006, 31(3): 6-10.
- [6] 刘磊, 周军, 田勤虎, 等. 基于 ERDAS IMAGINE 进行 ETM 影像几何精校正研究—以新疆阿热勒托别为例[J]. 遥感技术应用, 2007, 22(1): 54-57.
- [7] 姜小光, 王长耀, 王成. 成像光谱数据的光谱信息特点及最佳波段选择—以北京顺义区为例[J]. 干旱地理, 2000, 23(3): 217.
- [8] 傅肃性. 遥感专题分析与地学图谱[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [9] 年波, 杨士剑, 王金亮. 植被遥感信息提取的最佳波段选择——以云岭中部山区为例[J]. 云南地理环境研究, 2004, 16(2): 18-21.
- [10] 党安荣, 王晓栋, 陈晓峰. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [11] McGarigal K, Cushman S A, Neel M C, Spatial pattern analysis program for categorical maps [M]. Massachusetts: University of Massachusetts, 2002.
- [12] McRoberts R E, Using a land cover classification based on satellite imagery to improve the precision of forest inventory area estimates [J]. Remote Sensing Environment, 2002, 81(1):36-44.