

石羊河下游民勤土地利用及景观格局动态分析

陈 杰, 杨太保, 何 毅

(兰州大学 资源环境学院 冰川与生态地理研究所, 兰州 730000)

摘 要: 基于遥感(RS)和地理信息系统(GIS)平台,以石羊河下游民勤县 1991 和 2011 年遥感影像为基础数据源,分析了研究区 20 a 来各土地利用景观类型的变化特征,并从水土保持角度出发,利用斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块所占景观面积的比例(LPI)、平均斑块面积(MPS)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)及分离度(F_i)7 种景观指数对沙漠、重盐碱地、植被和轻盐碱地的斑块变化进行分析评价。结果表明:(1) 该区域以沙漠化景观为主,且 20 a 来盐碱地和植被均有所减少,沙漠化扩张;(2) 1991—2011 年期间,区域整体景观格局的景观破碎化程度减小,景观的异质化程度呈下降趋势,表明该区整体景观格局将有利于向水土保持方向发展。(3) 各土地利用类型的景观格局动态分析都显示植被破碎化程度加剧,人类活动对区域植被的干扰程度较大。

关键词: 石羊河下游; 景观格局; 动态分析; 土地利用

中图分类号: F321.1P901;X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)06-0251-05

Analysis on Dynamic Characteristics of Landscape Patterns in Minqin of Shiyang River Downstream

CHEN Jie, YANG Tai-bao, HE Yi

(*Institute of Glaciology and Ecogeography, College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China*)

Abstract: The spatiotemporal changes of land use and cover of Minqin county in the lower reaches of Shiyang River during 1991 and 2001 were analyzed quantitatively by taking Landsat TM images as data sources and based on GIS and RS. At the same time, NP, PD, LPI, MPS, SHDI, SHEI and F_i were used to analyze and evaluate the patch changes of desert, heavy saline soil, vegetation and saline-alkali soil. Analyses indicated that : (1) desertification landscapes counted for the largest proportion in the region, the proportion of saline-alkali soil and vegetation reduced in recent 20 years, while desertification expanded; (2) the overall regional landscape pattern and landscape fragmentation decreased and the degree of landscape heterogeneity decreased during 1991—2011, which indicated that the overall landscape pattern would be conducive to soil and water conservation; (3) various types of pattern analysis on landscape elements showed that levels of fragmentation of vegetation had been increasing, indicating that impacts of human activities on regional vegetation degree of interference were great.

Key words: Shiyang River downstream; landscape; dynamic analysis; land use

近年来,在以 GIS 和 RS 为代表的新技术支持下,对景观动态变化进行大尺度生态监测和建模研究成为景观生态学的新热点^[1-2]。目前国内现有的景观动态变化研究^[3-6]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,可以快速地分析出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。景观空间格局是大小和形状各异的景观要素在空间上的排列,它既是景观异质性的重要表现,又是各种生态过程在不同尺度上相互作用的结果^[7-9]。用景观指数描述景观格局及变化,建立格局与景观过程之间的联系,是景

观生态学最常用的量化分析方法^[10]。目前景观格局的研究成果主要集中于两个方面:一是静态的格局分析,主要探讨景观的空间异质性问题^[11];二是在相对稳定的地域空间上,探讨景观格局随时间的变化情况,即时间异质性问题。

石羊河下游民勤地区风蚀严重,沙化面积和荒漠草原枯死面积逐年扩大,生物多样性等生态环境问题日益突出,逐渐引起人们的重视。为了加强石羊河下游民勤的生态环境保护,实现该地区的可持续发展,首先需要了解该地区的土地利用现状,认识区域景观格局特征及其动态变化规律,分析人类活动对景观格局及生态过程的影响,在此基础上努力探索该区人口、经济与资源环境的相互协调关系,寻求可持续发展的途径^[12-13]。本文以石羊河下游民勤为研究对象,在RS与GIS技术的支持下,利用景观格局指数定量分析该区域1991—2011年的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,为实现流域可持续发展提供科学依据和决策支持。

1 材料与方法

民勤位于甘肃省西北部,河西走廊东北部,石羊河流域下游(102°45′—103°55′E,38°20′—39°10′N)。东西北三面被腾格里和巴丹吉林两大沙漠包围,毗邻武威、金昌和内蒙古左右旗。该区境内地势平坦,总面积1.6万km²,全县总人口27.43万人,常住人口24.13万人,其土地类型主要由沙漠、盐碱地和绿地构成,土壤主要为灰钙土、灰漠土、绿洲灌淤土、草甸土、荒漠林土、盐土、风沙土等类型。多年平均降水量110mm,蒸发量2644mm,光照丰富,热量充足,全年日照时数3208h,昼夜温差大,平均相对湿度45%,湿润系数0.66,平均气温为7.8℃,最高气温38.1℃,风沙大,盛行西北风,平均风速2.8m/s,最大风速31m/s,是我国干旱、荒漠化最严重的地区之一,也是我国沙尘暴四大源区之一。沙漠以每年8~10m的速度向绿洲推进,最大处每年超过120m,大片绿洲沦为不毛之地,沙漠区内的乔、灌木及大片草甸萎缩、枯死,固沙能力减弱,覆盖率降低,绿洲已由过去的阻沙天堑变为沙源,水干风起,沙逼人退。如今,绿洲在水资源短缺和沙害的影响下,生态环境日益恶劣,直接威胁着绿洲的存亡。

1.1 景观源数据

选取石羊河下游1991年和2011年Landsat TM影像数据,行列号为131/33,日期分别为1991-6-25和2011-6-24,波段组成为4,3,2(RGB),空间分辨率为30m,影像无云遮盖,清晰易解译。同期的遥感资料

我们还选择了1992-7-29和2011-7-26的遥感影像作为对比进行图像解译,以便解译数据更准确。

1.2 数据处理

1.2.1 景观类型划分与遥感解译 结合研究区的实际情况,参照国家《土地利用现状调查技术规程》^[14]中的分类标准,拟将研究区分为沙漠、重盐碱地、植被和轻盐碱地4种土地利用类型。

图像经过几何纠正、坐标变换和增强处理后,在ENVI中,根据解译时建立的解译标志和影像中地物的光谱特征来选取各类型的典型区域建立监督分类的样本^[15],采用最大似然法进行监督分类^[16]。由于在分类的过程中难免会产生一些小图斑,需要对小图斑进行剔除和重新分类,用聚类将周围的小图斑合并到大类中,用过滤剔除不符合的小图斑;最后进行人工目视解译。借助GIS对解译结果进行数据合成,同时利用统计分析工具得到各种土地利用类型的定量信息,在GIS叠置分析功能的支持下,对四种土地利用类型进行变化检测,已达到对研究区进行动态监测研究的目的,确立解译标志和解译精度。根据利用遥感技术开展土地资源分类调查及可能达到的规定精度,对低于应用陆地卫星TM图像并配合采用细小地物成数抽样方法量测达到预期精度的地类,均不能单独列入分类系统。通过野外调绘、核实,本文遥感解译精度为96.7%。

1.2.2 景观空间格局分析 石羊河下游景观格局分析是在ArcGIS 10.0和FRAGSTAT 3.3的联合使用下完成的,在ArcGIS 10.0平台支持下,首先将矢量格式的景观类型分布图转换成栅格格式,然后再进行不同时间段的景观格局分析。

1.3 分析指标选取

目前已经有大量的景观格局指数用于描述不同尺度和不同方面的景观格局特征,但景观格局指标的相关性和冗余性也受到生态学研究者的广泛重视。根据前人^[17]的研究经验,本文从景观水平和类型水平两种尺度对石羊河下游的景观结构及其变化进行分析。由于缺少判据斑块核心面积和边缘宽度的实测数据,因而不适合计算边缘指标和核心面积指标及部分邻近指标;同时还排除了一部分相关性很高的指标;最后从FRAGSTATS软件中选取了能够确保计算精度的7个指标(表1),景观水平上选取斑块数(NP)、平均斑块面积(MPS)、香农多样性指数(SHDI)和香农均匀度指数(SHEI)和分离度(F_i)5个指标;类型水平上选取斑块数(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块指数(LPI)、平均斑块面积(MPS)4个指标。所选指标及其意义如表1所示。

表 1 景观格局指数

景观指数	计算公式	公式描述	生态意义
斑块数量 (NP)	$NP=n$	n ——景观类型的斑块数量	反映景观的空间格局,其值的大小与景观的破碎度有很好的正相关性
斑块密度 (PD)	$PD=NP/A$	NP——斑块数量;A——景观面积	描述单位景观面积上的异质性
最大斑块指数 (LPI)	$LPI=\frac{\max(a_{ij})}{A}\times 100$	LPI 等于某一斑块类型中的最大斑块占据整个景观面积的比例	其值的大小决定着景观中的优势种、内部种的丰度等生态特征
斑块平均面积 (MPS)	$MPS_i=\frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{n_i}\times \frac{1}{10000}$	i ——斑块类型; a_{ij} ——斑块 ij 的面积(m^2); n_i ——斑块类型 i 的斑块个数	表征某斑块类型的破碎程度,其值越小表明景观越破碎
香农多样性指数 (SHDI)	$SHDI=-\sum_{i=1}^m (P_i \ln p_i)$	P_i ——景观类型 i 所占面积的比例; m ——景观类型的数目	反映景观异质性,特别对景观中各斑块类型非均衡分布状况较为敏感
香农均匀度指数 (SHEI)	$SHEI=\frac{-\sum_{i=1}^m (P_i \ln p_i)}{\ln m}$	SHEI 等于香农多样性指数除以给定景观丰度下的最大可能多样性(各斑块类型均等分布)	比较不同景观或同一景观不同时期多样性变化的一个有力手段
分离度 (F_i)	$F_i=D_i/S_i$	F_i ——景观类型 i 的分离度; D_i ——景观类型 i 的距离指数; $S_i=A_i/A$	指某一景观类型中不同斑块个体的分离程度

2 结果与分析

2.1 景观要素类型面积变化

研究区总面积为 940.92 km²,1991 年和 2011 年均以沙漠和植被为主,两种土地利用类型占总面积的近 80%,盐碱地所占比例较小(图 1),由此反映出该区域沙漠分布和植被覆盖率较高。

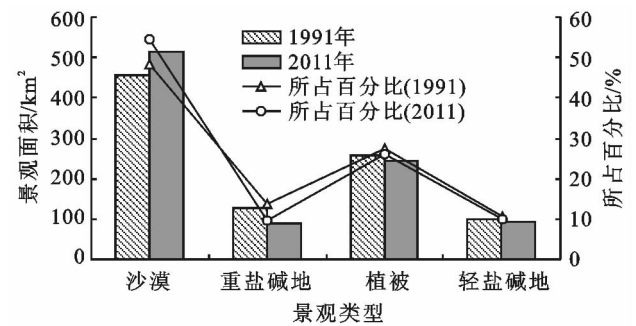


图 1 不同景观类型面积分布及所占比例

从表 2 可以看出,近 20 a 间,研究区内各类景观要素的面积发生了很大变化,沙漠面积增幅较大,所占总面积的比例由 1991 年的 48.49% 增加到 2011 年的 54.60%,重盐碱地大幅度的降低,由 1991 年的 127.62 km² 减少到 2011 年的 89.53 km²,净减 38.09 km²,所占面积的比例由 1991 年的 13.56% 迅速下降到 2011 年的 9.52%,植被和轻盐碱地均有所减少。从变化数量看,在沙漠面积显著增加的同时植被面积明显减少,20 a 间沙漠增加了 57.49 km²,平均每年增加 2.87 km²,同期植被减少了 13.56 km²,平均每年减少 0.68 km²;其原因是该区降水稀少,导致土地不能被充分的开发利用,植被减少则是由人类活动破坏造成的。盐碱地的减少,意味着土地被开发利用或

是进一步退化为沙漠;从土地利用景观类型年变化率来看:重盐碱地年变化率最大,平均每年减少 1.49%,其次是沙漠,平均每年增加 0.63%。

表 2 1991—2011 年不同景观类型的变化

景观类型	变化面积/km ²	年变化面积/km ²	年变化/%
沙漠	57.49	2.87	0.63
重盐碱地	-38.09	-1.90	-1.49
植被	-13.56	-0.68	-0.26
轻盐碱地	-5.84	-0.29	-0.30

2.2 区域整体的景观格局动态分析

在景观水平上,斑块密度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大小,数值越大说明破碎程度越大。平均斑块面积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,与破碎化呈反相关,平均斑块面积越大,则破碎度越低。从研究区总体景观格局来看(表 3),1991—2011 年,斑块数量(NP)、斑块密度(PD)和最大斑块面积百分比(LPI)分别由 1991 年的 343,0.362 1,35.57 变为 2011 年的 252,0.271 4,31.40,逐渐减少,减少比率分别为 26.53%,25.05%,11.72%;而平均斑块面积(MPS)大幅度增加,增加比率为 26.72%;香农多样性指数和香农均匀度指数在研究时间段内分别减少了 0.080 3 和 0.057 9,这些景观指数的变化表明研究区域内景观类型的丰富程度和均匀程度在下降,优势景观在上升,破碎度降低,对区域生态起调节作用的主要景观类型对区域的生态调节作用在增强。20 a 间研究区景观破碎化程度逐渐减小,景观的异质化程度呈下降趋势,表明在经济发展和城市化水平快

速推进的背景下,人类对区域景观的干扰程度下降。使自然生态环境的净化和维系能力上升,适于生物生
代表自然生态系统的土地覆被类型大幅度增加,从而存,物种的繁殖扩散迁移都得到了很好的保护。

表 3 景观级别指数动态变化

年份	NP	PD	LPI	MPS	SHEI	SHDI
1991	343	0.3621	35.57	274.32	0.8752	1.2133
2011	252	0.2714	31.40	374.32	0.8173	1.1330

注:NP 为斑块个数;PD 为斑块密度;LPI 为最大斑块指数;MPS 为平均斑块面积;SHEI 为香农均匀度指数;SHDI 为香农多样性指数。

2.3 景观要素类型格局动态分析

各景观要素的格局指数及其变化情况见图 2。沙漠是石羊河下游地区主要的景观类型,其面积占到整个研究区面积的 50%,在这 20 a 间,各类型的景观格局发生了改变。

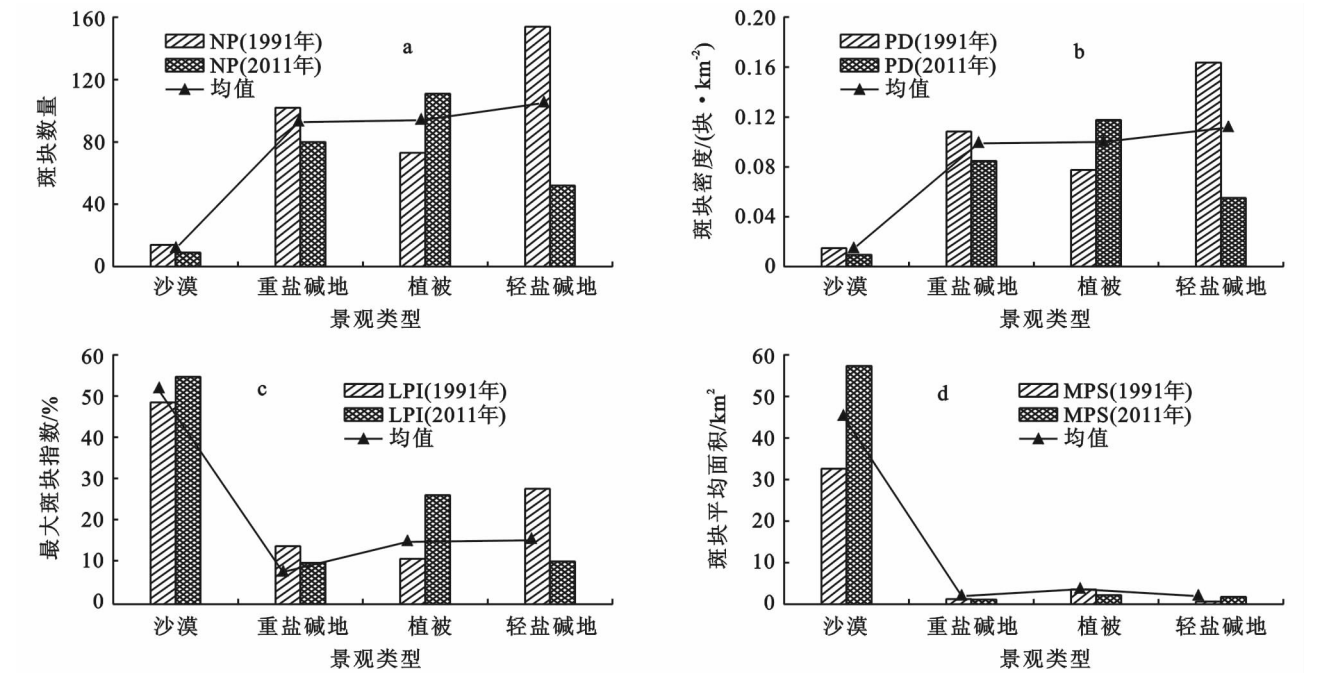


图 2 不同时期各景观要素类型格局指数动态

(1) 斑块数量(NP)分析。由图 2a 可以看出,沙漠 NP 较小且有变小的趋势,由 1991 年的 14 变为 2011 年的 9,说明沙漠破碎化程度较低,表明受人类活动干扰较小,这与现实相符合,由于沙漠地区人类无法生活,很少受到人类的影响;植被和轻盐碱地 NP 较大但也逐年减小,1991 年分别为 73,154,到 2011 年变为 111,52;说明破碎化程度较高,受人类活动影响较大;从 1991—2011 年,植被 NP 增大,增率 34.23%;反映出植被破碎化程度呈现增加趋势,其主要是因为人类毁林开荒等活动的影响,导致植被斑块破碎化程度加剧。沙漠、重盐碱地和轻盐碱地都是 NP 减少,表明其破碎化程度下降。

(2) 斑块密度(PD)分析。由图 2b 可以看出,重盐碱地、植被和轻盐碱地的平均斑块密度较高,其值在 1991 年分别为 0.108 4,0.077 6,0.163 7,都在 0.1 左右,2011 年分别为 0.084 8,0.117 7,0.055 1;表明这几类景观破碎化程度较大。研究时段内,植被斑块密度指数增大了 0.040 1,呈上升趋势,植被破碎化程

度加剧;重盐碱地、沙漠和轻盐碱地的平均斑块密度都呈现下降趋势,下降率为 21.77%,36.24%,66.34%,其中轻盐碱地变率最大;说明景观破碎化程度减弱,表明了总体景观组织活力较好,景观与生物多样性高,景观格局复杂。

(3) 最大斑块所占景观面积的比例(LPI)分析。由图 2c 可以看出,1991—2011 年期间,植被的最大斑块所占景观面积的比例大幅度增加,从 1991 年的 10.48 变为 2011 年的 25.96,说明受到人类活动的影响最大;重盐碱地和轻盐碱地都有不同程度的减少,沙漠小幅度上升,在 20 a 间增加了 6.22。

(4) 平均斑块面积(MPS)分析。从整体上看图 2d,除沙漠外,其它类型平均斑块面积较低,在 2.5 左右;20 a 间,除植被平均斑块面积有 1991 年的 3.54 减小到 2011 年的 2.21,减少了 1.33 以外,其他景观要素都是增加,也表明植被的破坏化程度较高。

(5) 分离度(F_i)分析。其描述景观类型中不同斑块个体分布的分离程度。经公式计算可知,在

1991 年,研究区域内斑块类型的分离度较大的是盐碱地,其值分别为轻盐碱地 5.963 0,重盐碱地 3.295 7,分离度最小的斑块是沙漠 0.180 6。可见,研究区域内各景观的分离程度差异较大,盐碱地在整个地域空间上常呈孤立的散点状,被其他类型斑块所隔离,故其值较大。沙漠面积较大,且分布较集中连片,分离度较小。从变化幅度来看,植被的分离度从 0.967 4 增加到 1.293 4,从而反映出植被的破坏程度加剧。

综上所述,从各景观要素的格局指数及其变化分析可知,植被破碎化程度加剧,表明在当今经济发展和城市化水平快速推进的背景下,人类活动对区域植被的干扰程度逐渐增加,植被遭到大量破坏。

3 讨论与结论

景观格局、功能和变化是自然因素和人为因素共同作用的结果,自然因素常常是在较大时空尺度上作用于景观。研究区域内各景观类型面积转移的主要去向是沙漠。民勤处于风沙沿线的前沿地带。据气象资料,民勤地区 20 世纪 90 a 代以来 8 级以上大风月平均 29 日,最大风力 11 级,年均风沙日数达 139 日。另据《民勤县生态环境综合治理情况汇报》,绿洲风沙危害性近 10 a 来日益加剧,流沙每年以 3~4 m 的速度向绿洲腹部逼近,个别地段风沙前移速度高达 8~10 m。从理论上讲,由于风沙化的存在,绿洲中与沙地相邻的耕地斑块存在着一定的风蚀潜在危险性。其相邻斑块边界的长度越长,数量越多,土壤风蚀的潜在危险性越大。从遥感影像上看到 1991—2011 年期间绿洲边缘地带大量开荒造成了一些零星分布于半固定沙丘中的,没有防护林体系保护耕地的存在,面临沙害的危险性很大。经遥感影像解译所得到的景观变化结果可知:由于景观斑块类型的空间变化,使得各灌区植被斑块体与沙地斑块体相邻边界长度与条数,呈现出逐年增加的发展趋势。加之在地表水逐年减少和人类不合理的土地利用双重作用下,最终导致持续超采地下水,破坏地下水的采补平衡、引起地下水埋深大幅度下降,进而破坏植被和盐碱地的防护体系,从而引发了植被和盐碱地整体水平的逐年下降。

通过 GIS 和 RS 平台,利用遥感数据结合景观指数分析了石羊河下游民勤 20 a 景观格局动态变化,结果表明:

(1) 石羊河下游地区的组成不合理,沙漠景观所占面积的比率严重偏高;并且 20 a 来盐碱地和植被面积均有所减少,而沙漠面积增加,沙漠化加剧。

(2) 1991—2011 年,区域整体的景观格局景观破碎化程度逐渐减小,景观的异质化程度呈下降趋势,

表明研究区的整体景观格局将有利于向水土保持方向发展。

(3) 各景观要素类型格局动态分析都显示植被破碎化程度加剧,由于人为活动的影响,研究区的生态环境难以维持其稳定性,因此,加大景观格局的动态监测可以进一步指导区域的土地利用规划,并为其生态环境保护提供参考。

参考文献:

- [1] 刘惠明,尹爱国. 3S 技术及其在生态学研究中的应用[J]. 生态科学,2002,21(1):82-85.
- [2] 薛丽霞,王佐成,李永树. 基于遥感的区域景观特征及其动态变化研究:以重庆市北部新区为例[J]. 国土资源遥感,2005(2):64-68.
- [3] 刘常富,孙冉,李小马,等. 基于 RS 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,2009,37(4):13-15.
- [4] 胡金龙,周志翔,金叶,等. 1986—2006 年桂林市区景观格局演变分析[J]. 水土保持研究,2013,20(2):48-53.
- [5] 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.
- [6] 陈振雄,李际平,刘素青. 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):6-11.
- [7] 陈顶利,傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析:以山东省东营市为例[J]. 生态学报,1996,16(4):337-344.
- [8] 高小红,王一谋,杨国靖. 基于 RS 与 GIS 的榆林地区景观格局动态变化研究[J]. 水土保持学报,2004,18(1):168-171.
- [9] Fu B J, Lu Y H. The progress and perspectives of landscape ecology in China[J]. Progress in Physical Geography, 2006(36):319-344.
- [10] 李欢,刘霞,姚孝友,等. 蒙阴县土地利用景观格局动态分析[J]. 水土保持研究,2011,18(5):43-47.
- [11] 王婷婷,侯淑涛,唐军利,等. 七台河市土地利用景观格局动态变化分析[J]. 水土保持研究,2012,19(3):90-93.
- [12] Forman R T T, Gordon M. Landscape Ecology [M]. New York: John Wiley and Sons,1986.
- [13] Richards J A. Thematic mapping from multitemporal image data using the principal components transformation[J]. Remote Sensing of Environment,1984,16(1):35-46.
- [14] 全国农业区划委员会. 土地利用现状调查技术规程[S]. 1984.
- [15] 梅安新,彭望禄,秦其明,等. 遥感导论[M]. 北京:高等教育出版社,2001.
- [16] 王静. 土地资源遥感监测与评价方法[M]. 北京:科学出版社,2006:60-79.
- [17] 郭冻,杜世宏,赵松婷,等. 黔东南地区景观格局的动态变化及驱动力[J]. 山地学报. 2011,29(5):543-550.