

延河流域土地利用景观格局分析

刘 京,常庆瑞,陈 涛

(西北农林科技大学 资源环境学院,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】查清延河流域土地利用/覆盖格局,为该区域土地资源合理利用、改善水土保持措施提供理论依据。**【方法】**利用 ENVI 4.0 软件对 2006 年延河流域遥感图像进行处理,结合野外考察,在 ArcGis 9.0 平台下获得延河流域土地利用现状分布图;从景观格局的角度,根据国标 2007《土地利用现状分类》的二级分类体系,将研究区土地利用现状划分为住宅用地(城镇住宅用地、农村宅基地)、耕地(水浇地、旱地)、园地(果园)、林地(有林地、灌木林地)、草地(天然牧草地、其他草地)、水域及水利设施用地(内陆滩地、湖泊水面、水库水面、河流水面)和其他土地(裸地、沙地、沼泽地、设施农用地)共 7 个大类 17 个二级类,分析了土地利用的数量结构和景观形态结构特征。**【结果】**延河流域土地利用类型中旱地的面积比最大,约为 37%,其次是天然牧草地、裸地和有林地,分别为 22.17%、23.6% 和 14.4%,其他类型面积均较小;旱地、有林地、天然牧草地和裸地频率比相对于其他土地利用方式较高;所有土地利用类型中,沼泽地平均面积指数最大,其次是裸地和天然牧草地;旱地、有林地、天然牧草地、裸地等图斑形状简单且各形状的图斑数呈正态分布;耕地为主要的土地利用方式,耕地、林地、草地和水域及水利设施用地的优势度较大。**【结论】**延河流域土地资源开发的重点是开展土地整理和规模经营,减少土地利用地块数量,降低形状指数,增加水域、人工草地和林地等生态用地面积,提高土地利用集约度和促进土地利用的多样化、均匀化;今后土地利用结构调整的方向是:增加生态系统稳定性和提高生态系统服务功能的经济价值。

【关键词】 延河流域;土地利用格局;土地利用数量结构;土地利用景观形态结构

【中图分类号】 F301.24

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)08-0139-06

Analysis on landscape pattern in Yanhe River valley

LIU Jing, CHANG Qing-rui, CHEN Tao

(College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The landscape pattern in Yanhe River valley was identified to provide some scientific information for reasonable land use and for improving soil and water conservation. **【Method】** Using ENVI 4.0 to process the digital RS image in 2006 of Yanhe River valley, land use map was obtained with ArcGis 9.0 integrating with field investigation. According to the system of land use classification in 2007, 7 classes including adobe land(urban abode land, rural abode land), farm land(irrigated land, dry land), garden(orchard), woodland(forest land, shrub land), grass land(natural pasture, other woodland), water & water project land(inland interval, lake, reservoir, river) and other land (nutation, desert, marsh and agricultural facilities land) were determined. The structural characteristics of land use quantity and landscape structure were analyzed in this study. **【Result】** The area of dry land is the largest of all land use types in Yanhe River valley, about 37%, followed by natural pasture, nutation and forest land respectively 22.17%, 23.6% and 14.4%, and other land use is small. The frequency ratio of dry land, natural pasture and nutation are bigger than others. The even area of marsh is the largest; nutation and natural pasture are next.

* [收稿日期] 2008-11-25

[基金项目] 国家重点基础研究发展计划项目(2007CB407203);国家科技支撑计划项目(2006BAD03A0308)

[作者简介] 刘 京(1975—),男,宁夏贺兰人,讲师,在读博士,主要从事农业资源利用研究。E-mail: Jingliu@nwsuaf.edu.cn

[通信作者] 常庆瑞(1959—),男,陕西子洲人,教授,博士生导师,主要从事土地资源及空间信息技术研究。

E-mail: changqr@nwsuaf.edu.cn

The diversity indices of all land use are small. The block shapes of dry land, forest land, natural pasture and nivation are simple and the number of block is of normal distribution. Farmland is prevalent, and the dominance indices of farmland, woodland, grassland and water & water project land are larger than others.

【Conclusion】 Land consolidation and scale operation are important in developing land resources in Yanhe River valley, and the decreasing quantities of land use block, depressing shape index, and increasing the area of water & water project land, artificial grassland and artificial woodland can enhance diversity, homogenizing land use, and improve the stability of eco-system.

Key words: Yanhe River valley; land use structure; land use quantitative structure; landscape structure

土地利用是自然和人文环境相互作用的结果,集中体现了人地关系的特征、属性及作用机制。具体而言,土地利用是人类为了经济社会目的而进行的一系列生物和技术活动,是土地在人类活动干预下进行自然再生产和经济再生产的复杂过程,它既受自然因素的作用和制约,又受社会、经济、技术条件的重大影响^[1]。景观格局分析自 1987 年以来就一直为研究人员所重视,如何定量地分析景观格局,始终是景观生态学研究中的一个重要且具有挑战性的研究课题与研究热点^[2-6]。从景观生态学角度看,不同土地利用方式的组合形成了不同的景观和景观结构。对区域的土地利用状况,运用景观生态学原理进行景观格局及破碎化分析,可以从一定角度对景观的稳定性和人类干扰程度进行适当评价,为土地的合理利用和各景观类型间的协调发展提供进一步研究的基础^[7-13]。陈文业等^[14]通过建立数学模型,应用线性规划方法进行土地利用结构优化设计,并对黄土高原安家沟流域土地利用结构进行优化分析与效益评价;赵志革等^[15]揭示了河北省保定市土地利用结构定量分析的地域分异规律,为该区域发展提供了理论依据。土地利用景观结构是土壤侵蚀程度的主要影响因子之一。延河流域生态环境十分脆弱,较强的人类活动直接影响着该地区水土流失的形成和演变。本研究主要对延河流域的土地利用景观格局进行分析,以期为当地土地资源合理利用、加强水土保持措施、改善生态环境提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

延河流域位于陕西北部(东经 $108^{\circ}39'42'' \sim 110^{\circ}30'$, 北纬 $36^{\circ}10'40'' \sim 37^{\circ}19'41''$), 包括延安市宝塔区、安塞县、延长县的全部, 及志丹县、子长县、靖边县的部分地区, 南北宽约 130 km, 东西长约 164 km, 总面积约 $10\,016\text{ km}^2$, 是黄土高原自然环境的典型区域。该区域太阳辐射较强, 日照丰富, 年平均

气温 $8.8 \sim 10.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, 由于地形变化, 区域内气温差异很明显。降水量是影响生态环境的重要因素, 该区域年平均降水量为 $500 \sim 565\text{ mm}$, 分布不均, 与作物需水下限相差 $150 \sim 200\text{ mm}$; 年最高降水量 871.2 mm , 最低降水量 330 mm 。年蒸发量 $1\,580\text{ mm}$ 左右, 其中以 7 月份蒸发量最大, 为 250 mm , 是降水量的 4 倍。研究区土壤有黑垆土、黄绵土、红粘土、新积土、紫色土、潮土、水稻土等类型。

1.2 数据来源及其处理

本研究使用的土地利用数据是通过 2006 年 ETM⁺ 遥感数字影像进行解译而获得的。源数据采用的大地坐标系统为北京 1954 坐标系, 克拉索夫斯基(KRASOVSKY)椭球体, 地图投影方式为等面积割圆锥投影(ALBERS 投影)。通过建立 54 坐标系图框与 80 坐标系图框的对应关系, 计算 54 坐标在 80 西安坐标系中的新坐标, 即将 54 坐标转换成 80 坐标。图像几何校正以 $1:10$ 万地形图上控制点坐标为依据, 采用二次多项式回归模型, 像元重采样方式为双向线性内插最邻近点法, 校正后每个像元的空间分辨率为 30 m , 控制点中误差在 1 个像元以内。影像镶嵌用最小灰度差原则进行拼接, 接缝处灰度加权平滑, 用直方图匹配方法进行灰度调整, 接边中误差小于 2 个像元。

图像进行校正后, 进行增强处理, 提高成果精度, 本研究采用 ENVI 4.0 软件对图像进行了增强、变换、卷积、滤波处理, 以突出影像信息, 最终选择纹理滤波、交互拉伸、直方图均衡化、主成分分析等方法。将经过处理后的 ETM5、4、3+ETMplus 波段的彩色合成影像应用于土地利用/覆盖解译。土地利用分类采用国标《土地利用现状分类》的二级分类体系, 其中一级类 12 个, 二级类 57 个。本研究区土地利用分类有耕地(分水浇地和旱地)、园地(果园)、林地(分有林地和灌木林地)、草地(分天然牧草地和其他草地)、住宅用地(分城镇住宅用地和农村宅基地)、水域及水利设施用地(分内陆滩地、湖泊水面、

水库水面和河流水面)和其他土地(分裸地、沙地、沼泽地和设施农用地)7 个一级类及 17 个二级类。为了统一解译标准,提高解译精度,建立了延河流域土地利用/覆盖遥感影像解译标志,在 ARCGIS 9.0 平台支持下,通过屏幕数字化解译,初步获得研究区土地利用/覆盖的信息;成果图分类精度为:最小图斑 6×6 个像元,线状地物宽度 3 个像元;按照 30 m 的像元分辨率来计算,最小图斑的实际大小是 180 m×180 m,线状地物的宽度为 90 m^[16-17]。

1.3 土地利用景观格局分析

1.3.1 景观格局定量分析 土地利用的数量结构是指某个区域包含哪些土地利用类型及其占总面积的比例,反映的实际是区域土地资源的质量特征^[18-19]。

(1) 面积比。面积比(k_i)是指各种土地利用/覆盖面积占区域或样区总面积的百分比^[20]。计算公式如下:

$$k_i = \frac{a_i}{A} \times 100\%;$$

式中: a_i 为某种土地利用类型的面积, A 为区域或样区土地面积。

(2) 频率比。频率比(P_i)是指各土地利用/覆盖类型在区域或样区内出现的频率^[20]。计算公式如下:

$$P_i = \frac{m_i}{n};$$

式中: m_i 为某种土地利用类型在区内的图斑个数, n 为区内各土地利用类型的图斑总数。

(3) 平均面积指数。平均面积指数(P)表示各土地利用类型图斑的大小^[20],计算公式如下:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{N}, \quad (i=1, 2, \dots, n);$$

式中: P 为某一种土地利用类型的平均面积, P_i 为该土地利用类型的个体图斑面积, N 为该土地利用类型的个体图斑数。

(4) 图斑形状指数。图斑形状指数(I)表示土地利用类型的图斑形状与真圆形的比较^[20]。计算公式如下:

$$I = \frac{F}{A};$$

式中: F 为某种土地利用类型的某个图斑的周长, A 为与该图斑等面积的圆的周长。 $I < 1.3$,表示图斑形状极简单; $1.3 \leq I < 1.7$,表示图斑形状简单; $1.7 \leq I < 2.3$,表示图斑形状较简单; $2.3 \leq I < 3.7$,表示图

斑形状较复杂; $3.7 \leq I < 5.5$,表示图斑形状复杂; $I \geq 5.5$,表示图斑形状极复杂。

1.3.2 景观形态结构分析 可以用以下指标来评价土地利用的景观形态。

(1) 景观分异度。分异度指数(D)为一个区域或样区内某种土地利用内次一级类型的面积与该类内部各种土地利用类型平均面积之间的偏差^[20]。

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - P|}{KP}, \quad (i=1, 2, \dots, n);$$

式中: P_i 为某种土地利用类型的面积, P 为所有土地利用类型的平均面积, K 为土地利用类型数。

(2) 景观多样性。多样性指数(H)指在一个区域或样区内土地利用类型的多样化程度,这是量度土地利用方式丰富和复杂性的一项重要指标^[20]。计算公式如下:

$$H = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i;$$

式中: P_i 为土地利用类型 i 所占面积的比例, m 为土地利用类型的数目。 H 值越大,表示土地利用类型的多样性越丰富。

(3) 优势度。优势度指数(E)用于表示一个区域或样区内一种或几种土地利用类型支配该区域或样区内的土地利用类型的程度,即表示景观多样性对最大多样性的偏离程度,或描述景观由少数几个主要景观类型控制的程度^[20]。计算公式如下:

$$E = H_{\max} + \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i;$$

式中: $H_{\max}$ 为最大多样性指数($H_{\max} = \ln m$)。 $H_{\max}$ 表示研究区内各类景观所占比例相等时,景观拥有的最大的多样性指数。

2 结果与分析

2.1 延河流域土地利用景观格局定量分析

2.1.1 面积比 由表 1 可知,延河流域土地利用方式比较复杂,面积差异相当悬殊;其中,旱地占相当大的比重,约为总面积的 37%;其次是天然牧草地、裸地和有林地;水浇地仅约占总面积的 2%,且大部分分布在河流主道的两侧。由于延河流域处于干旱地区,水域及水利设施用地(河流、湖泊和水库)的面积都很小;因地形起伏不平,造成交通不发达,居民区不集中,城镇住宅用地与农村宅基地的面积也很小;延河流域内沙地、沼泽地与内陆滩地的分布面积均较小。

表 1 延河流域土地利用的数量结构指数

Table 1 Indices of quantity structure of land use in Yanhe River valley

指标 Index	城镇住宅用地 Urban abode land	农村宅基地 Rural abode land	水浇地 Irrigated land	旱地 Dry land	果园 Orchard	有林地 Forest land	灌木林地 Shrub land	天然牧草地 Natural pasture	其他草地 Other wood land
面积比 Ratio of area	0.099 8	0.228 6	1.945 5	37.101 7	0.013 5	14.391 5	0.089 0	22.174 8	0.002 5
频率比 Ratio of frequency	0.001 1	0.036 4	0.031 9	0.361 7	0.000 8	0.257 8	0.007 3	0.144 9	0.000 2
平均面积指数 Even area index	1.506 1	0.103 3	1.007 9	1.690 9	0.286 1	2.111 7	0.200 0	2.528 2	0.260 8

指标 Index	内陆滩地 Inland interval	湖泊水面 Lake	水库水面 Reservoir	河流水面 River	裸地 Nudation	沙地 Desert	沼泽地 Marsh	设施农用地 Agricultural facilities land
面积比 Ratio of area	0.001 9	0.086 5	0.000 4	0.002 2	0.048 8	23.608 3	0.202 5	0.002 1
频率比 Ratio of frequency	0.000 3	0.000 5	0.014 8	0.000 6	0.000 2	0.137 9	0.000 5	0.000 8
平均面积指数 Even area index	0.200 6	0.096 2	0.020 7	0.075 9	0.323 1	2.828 9	5.350 8	0.044 6

2.1.2 频率比 延河流域旱地广泛分布于延河流域的塬、坡、梁、峁等各种地形地貌上,是延河流域面积最大、分布最广的土地利用类型。近年来,人们对生态环境建设越来越重视,退耕还林,植树种草,使得林地、草地的面积增加,故其频率比均较高。住宅用地中,城镇住宅用地频率比较低,说明研究区内城市面积的扩张速度较慢;而农村宅基地的频率比高于城镇住宅用地,说明在住宅用地上,尤其是农村宅基地缺乏整体规划。

2.1.3 平均面积指数 由表 1 可以看出,延河流域

土地利用类型图斑的平均面积指数差别比较大,其中沼泽地平均面积指数最大,其次是裸地和天然牧草地,而设施农用地和河流水面、湖泊水面、水库水面、果园、农村宅基地、灌木林地等的平均面积指数均较小。

2.1.4 图斑形状指数 组成每种土地利用类型的图斑有大小之分,形状也不一致。一般而言,平坦地区图斑面积较大,形状较规则;山地、丘陵区的土地图斑面积较小,形状较复杂。

表 2 延河流域土地利用的图斑形状指数

Table 2 Indices of land use blocks in Yanhe River valley

土地类型 Land type	$I<1.3$	$1.3\leq I<1.7$	$1.7\leq I<2.3$	$2.3\leq I<3.7$	$3.7\leq I<5.5$	$I\geq 5.5$
城镇住宅用地 Urban abode land	1	1	3	1	1	0
农村宅基地 Rural abode land	138	74	17	5	0	0
水浇地 Irrigated land	27	68	59	36	8	7
旱地 Dry land	228	499	542	542	248	267
果园 Orchard	1	0	4	0	0	0
设施农用地 Agricultural facilities land	5	0	0	0	0	0
有林地 Forest land	394	638	390	194	31	11
灌木林地 Shrub land	21	18	4	2	2	0
其他草地 Other grass land	0	0	0	1	0	0
天然牧草地 Natural pasture	108	259	245	202	66	52
裸地 Nudation	72	203	200	202	94	116
沼泽地 Marsh	0	3	0	0	0	0
河流水面 River	0	0	0	0	2	2
湖泊水面 Lake	0	1	0	2	0	0
水库水面 Reservoir	24	33	23	11	4	0
内陆滩地 Inland interval	1	1	0	0	0	0
沙地 Desert	0	0	0	1	0	0

从表 2 可以看出,在延河流域内,城镇住宅用地、果园、灌木林地、其他草地、设施农用地、沼泽地、

河流水面、湖泊水面、水库水面、内陆滩地和沙地等的图斑数较少,且大部分图斑形状都极简单;有林地的图斑较多,且形状多为简单;而旱地、天然牧草地、裸地等各种形状图斑数基本呈正态分布,从图斑形状简单到形状较复杂分布较多,而形状极简单或复杂、极复杂的图斑分布相对较少。

2.2 延河流域土地利用景观形态结构分析

2.2.1 分异度指数 由表 3 可以看出,与土地的其他利用方式相比,延河流域内耕地的各种利用方式较复杂,分异度最高;其次是草地、水域及水利设施用地和其他土地;而林地、住宅用地各级组成的分异

度相对较小,各组成关系较简单;园地只有一种土地利用方式,故分异度为 0。

2.2.2 多样性指数 景观由单一要素构成时,景观是均质的,其多样性指数为 0;由 2 个以上的要素构成的景观,当各景观所占比例相等时,其景观的多样性指数最高;各景观类型所占比例差异增大,则景观的多样性下降。由表 3 可知,在延河流域内,土地利用类型的多样性均较小;其中,林地、水域及水利设施用地、住宅用地的多样性指数相对较高;而草地、耕地和其他土地的多样性指数均较小;园地因只有一种土地利用方式,故多样性指数为 0。

表 3 延河流域土地利用景观结构指数
Table 3 indices of landscape structure of land use in Yanhe River valley

指数 Index	住宅用地 Abode land	耕地 Farmland	林地 Woodland	草地 Grass land	园地 Garden	水域及水利设施用地 Water and water project land	其他土地 Other land
分异度指数 Differential index	0.588 6	1.399 6	0.731 6	1.024 8	0	0.983 9	0.925 3
多样性指数 Richness index	0.614 0	0.201 6	0.662 7	0.152 3	0	0.658 7	0.159 5
优势度指数 Dominance index	0.079 1	1.184 7	0.724 6	0.803 4	0	0.727 6	0.533 7

2.2.3 优势度指数 优势度越大,则表明偏离程度越大,即组成景观的各类型所占比例差异越大,或者说一种或少数景观类型占优势;优势度小则表明偏离程度小,即组成景观的各种景观类型所占比例大致相当;优势度为 0,表示组成景观的各种景观类型所占比例相等,景观完全均质。多样性指数与优势度变化相反,对于土地利用类型数目相同的区域或样区,多样性指数越大,其优势度越小。由表 3 可以看出,耕地的优势度指数最大,草地、林地、水域及水利设施用地和其他土地的优势度指数次之,说明研究区内耕地的种植方式并不均匀,主要以旱地为主,水浇地所占比例较小;草地中主要以天然牧草地为主,其他类型草地所占比例较小。住宅用地的优势度较小,主要是因为农村宅基地与城镇住宅用地的比例相差相对较小。园地因只有一种利用方式,优势度指数为 0。

3 结论与讨论

本研究采用面积比、频率比、图斑形状、分异度、多样性、优势度等不同指标因子,深入分析了延河流域土地利用的结构特征,结果表明,该地区土地利用方式下各种类型土地面积差异悬殊,旱地面积大而且分布最广,耕地的利用方式相对于其他土地利用方式的组合较为复杂,是该区主要的土地利用方式之一。区域内土地利用类型的多样性较小,其中耕

地的优势度最大,各种利用方式的图斑形状简单,且各形状图斑数基本呈正态分布。

结合本项目的其他调查资料分析表明,延河流域耕地占总土地面积的 36.57%,土地垦殖率较高,而生产力较低,平均产量 1 899 kg/hm²,具有广种薄收、粗放式经营的特点;园地面积占土地总面积的 2.9%,林地面积占 13.8%,其中森林覆盖率 8.76%;草地面积占总面积的 45.6%,是区域土地利用的主体,但是盖度很低,效益极差;城镇村庄及公交用地占土地总面积的 0.65%,水体占 0.29%,未利用土地占 0.07%。耕地、林地、园地、草地、水域、其他用地面积比为 1 : 0.38 : 0.08 : 1.25 : 0.008 : 0.02,反映了该区以山地和丘陵为主的土地利用类型特点。

全区耕地、林地和草地在土地总面积中占有很大比重,其他利用方式的土地所占比例都很小,说明该区土地资源开发的重点是进行土地利用结构调整,合理规划布局,开展土地整理和规模经营,减少地块数量,降低形状指数,通过增加水域、人工草地和林地等生态用地的面积,来提高土地利用集约度和促进土地利用的多样化、均匀化,以增加生态系统稳定性和提高生态系统服务功能的经济价值。

[参考文献]

[1] 王爱民,刘加林,缪磊磊. 人地关系研究中的土地利用特征指标

- 分析;以兰州市为例 [J]. 经济地理, 1999, 19(1): 62-66.
- Wang A M, Liu J L, Miao L L, et al. Analysis on the characteristic index of landuse in man-earth relationship-taking Lanzhou as a case [J]. Economic Geography, 1999, 19(1): 62-66. (in Chinese)
- [2] 王思远, 刘纪远, 张增祥. 近 10 年中国土地利用格局及其演变 [J]. 地理学报, 2002, 57(5): 523-530.
- Wang S Y, Liu J Y, Zhang Z X. Spatial pattern change of land use in China in recent 10 years [J]. Acta Geographica Sinica, 2002, 57(5): 523-530. (in Chinese)
- [3] 于兴修, 杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题 [J]. 地理科学进展, 2002, 21(1): 51-57.
- Yu X X, Yang G S. The advances and problems of land use and land cover change research in China [J]. Progress in Geography, 2002, 21(1): 51-57. (in Chinese)
- [4] Zapala T. Landscape structure of the boundary between the carpathians and the sub-carpathian basins near Cracow [J]. Ekologia-Bratislava, 2004, 23: 362-373.
- [5] Ziaja W. Mountain landscape structure and dynamics under the 20(Th) century climate warming in central Nordenskiöldland, Spitsbergen [J]. Ekologia-Bratislava, 2004, 23: 374-383.
- [6] Fitzsimmons M. Effects of deforestation and reforestation on landscape spatial structure in boreal saskatchewan, Canada [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 174(1-3): 577-592.
- [7] 王思远, 张增祥, 周全斌, 等. 中国土地利用格局及其影响因子分析 [J]. 生态学报, 2003, 23(4): 649-656.
- Wang S Y, Zhang Z X, Zhou Q B, et al. Analysis of landscape patterns and driving factors of land use in China [J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(4): 649-656. (in Chinese)
- [8] 刘纪远, 张增祥. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析 [J]. 地理研究, 2003, 22(1): 1-12.
- Liu J Y, Zhang Z X. A study on the spatial-temporal dynamic changes of land-use and driving forces analyses of China in the 1990s [J]. Geographical Research, 2003, 22(1): 1-12. (in Chinese)
- [9] 后立胜, 蔡运龙. 土地利用/覆被变化研究的实质分析与进展评述 [J]. 地理科学进展, 2004, 23(6): 96-104.
- Hou L S, Cai Y L. An essential analysis and review land use/cover change research [J]. Progress in Geography, 2004, 23(6): 96-104.
- [10] 彭建, 王仰麟, 刘松, 等. 景观生态学与土地可持续利用研究 [J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2004, 40(1): 154-160.
- Peng J, Wang Y L, Liu S, et al. Research on landscape ecology and sustainable land use [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2004, 40(1): 154-160. (in Chinese)
- [11] 陈文波, 郑蕉, 鄢帮有. 鄱阳湖区土地利用景观格局特征研究 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 79-83.
- Chen W B, Zheng J, Yan B Y. Landscape pattern characteristics in Poyang Lake region [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(4): 79-83. (in Chinese)
- [12] Franklin S E, Hansen M J, Stenhouse G B. Quantifying landscape structure with vegetation inventory maps and remote sensing [J]. Forestry Chronicle, 2002, 78(6): 866-875.
- [13] Shi X X, Ma W C, Pu J J, et al. Gis & Rs-based ecological suitability assessment for land development and landscape structure analysis: A case study of Jindong Eco-Industrial Park, Sanming City [J]. Fudan Xuebao Ziranhexueban, 2006, 45(3): 367-374.
- [14] 陈文业, 戚登臣, 杨鑫光, 等. 安家沟流域土地利用结构优化设计及效益评价 [J]. 草业科学, 2007, 24(3): 17-23.
- Chen W Y, Qi D C, Yang X G, et al. Study on optimized-structure design of land use and efficiency evaluation in Anjiagou watershed [J]. Pratacultural Science, 2007, 24(3): 17-23. (in Chinese)
- [15] 赵志革, 赵明, 杨庆朋. 保定市土地利用结构定量分析 [J]. 江西农业学报, 2007, 19(11): 89-92.
- Zhao Z G, Zhao M, Yang Q P. Quantitative analysis of land use structure in Baoding City [J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2007, 19(11): 89-92. (in Chinese)
- [16] 杨国清, 吴志峰, 祝国瑞. 广州地区土地利用景观格局变化研究 [J]. 农业工程学报, 2006, 25(5): 218-221.
- Yang G Q, Wu Z F, Zhu G R. Analyzing and modeling land use pattern changes in rapid urbanization of area: a case study of Guangzhou City, China [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 25(5): 218-221. (in Chinese)
- [17] 常庆瑞, 刘京, 杨勤科. 基于 RS 与 GIS 的黄土丘陵沟壑区土地覆盖动态研究 [J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2187-2190.
- Chang Q R, Liu J, Yang Q K. Dynamic monitoring on land cover in loess hilly and gully area by the methods of RS and GIS [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(12): 2187-2190. (in Chinese)
- [18] 朱凤武, 彭补拙, 丁建中. 温州市土地利用空间格局研究 [J]. 经济地理, 2001, 21(1): 101-105.
- Zhu F W, Peng B Z, Ding J Z. Study on the spatial pattern of land use in Wenzhou city [J]. Economic Geography, 2001, 21(1): 101-105. (in Chinese)
- [19] 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, 2005.
- Fu B J, Chen L D, Ma K M, et al. Principal and application of landscape ecology [M]. Beijing: Science Press, 2005. (in Chinese)
- [20] 梁庆学. 土地资源学 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- Liang Q X. Land resource science [M]. Beijing: Science Press, 2006. (in Chinese)