ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

景观生态学专辑

第 34 卷 第 12 期 Vol.34 No.12 2014

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版

中国科学院科学出版基金资助出版

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 12 期　　2014 年 6 月　(半月刊)

目　　次

中国景观生态学发展历程与未来研究重点…… 陈利顶,李秀珍,傅伯杰,等 (3129)
城市景观格局演变的水环境效应研究综述…… 黄　硕,郭青海 (3142)
多功能景观研究进展…… 汤　茜,丁圣彦 (3151)
空间形态受限型城市紧凑发展研究——以厦门岛为例 …… 黄　硕,郭青海,等 (3158)
紫金山森林公园降温效应影响因素…… 闫伟姣,孔繁花,尹海伟,等 (3169)
城市公园景观空间结构对其热环境效应的影响 …… 冯悦怡,胡潭高,张力小 (3179)
基于 OWA 的低丘缓坡建设开发适宜性评价——以云南大理白族自治州为例 ……
…… 刘焱序,彭　建,韩忆楠,等 (3188)
生态安全条件下土地利用格局优化——以皇甫川流域为例 …… 喻　锋,李晓兵,王　宏 (3198)
新疆玛纳斯河流域 2000—2010 年土地利用/覆盖变化及影响因素…… 刘金巍,靳甜甜,刘国华,等 (3211)
基于 GIS 和 RS 的赣江上游流域土地利用动态趋势分析 …… 鲁燕飞,彭　芳,万　韵,等 (3224)
1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力 …… 刘吉平,赵丹丹,田学智,等 (3234)
基于斑块评价的三峡库区腹地坡耕地优化调控方法与案例研究…… 王永艳,李阳兵,邵景安,等 (3245)
贵州省山地-坝地系统土地利用与景观格局时空演变 …… 李阳兵,姚原温,谢　静,等 (3257)
中国西南地区土地覆盖情景的时空模拟 …… 李　婧,范泽孟,岳天祥 (3266)
基于移动窗口法的岷江干旱河谷景观格局梯度分析…… 张玲玲,赵永华,殷　莎,等 (3276)
基于植被覆盖度的藏羚羊栖息地时空变化研究…… 赵海迪,刘世梁,董世魁,等 (3285)
西南峡谷型喀斯特坡地土壤微生物量 C、N、P 空间变异特征 …… 范夫静,黄国勤,宋同清,等 (3293)
峡谷型喀斯特不同生态系统的土壤微生物数量及生物量特征…… 谭秋锦,宋同清,彭晚霞,等 (3302)
长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响 …… 刘桂林,张落成,张　倩 (3311)
基于视觉廊道的青藏铁路沿线旅游动态景观评价…… 张瑞英,席建超,姚予龙,等 (3320)
基于 RS 与 GIS 的农村居民点空间变化特征与景观格局影响研究 …… 任　平,洪步庭,刘　寅,等 (3331)
生态系统保护现状及保护等级评估——以江西省为例…… 樊乃卿,张育新,吕一河,等 (3341)
崇明东滩盐沼植被变化对滩涂湿地促淤消浪功能的影响…… 任璘婧,李秀珍,杨世伦,等 (3350)
基于气候、地貌、生态系统的景观分类体系——以新疆地区为例…… 师庆东,王　智,贺龙梅,等 (3359)
黄土丘陵沟壑区景观格局演变特征——以陕西省延安市为例…… 钟莉娜,赵文武,吕一河,等 (3368)
不同干扰背景下农业景观异质性——以巩义市为例 …… 张晓阳,梁国付,丁圣彦 (3378)
山西高原草地景观的数量分类与排序…… 张先平,李志琴,王孟本,等 (3386)

山区夏季地表温度的影响因素——以泰山为例…… 孙常峰,孔繁花,尹海伟,等 (3396)
典型岩溶洼地土壤水分的空间分布及影响因素…… 张继光,苏以荣,陈洪松,等 (3405)
基于移动窗口法的豫西山地丘陵地区景观异质性分析…… 李栋科,丁圣彦,梁国付,等 (3414)
桂西北喀斯特区域植被变化趋势及其对气候和地形的响应…… 童晓伟,王克林,岳跃民,等 (3425)
喀斯特与非喀斯特区域植被覆盖变化景观分析——以广西壮族自治区河池市为例……
…… 汪明冲,王兮之,梁钊雄,等 (3435)
不同干扰背景下景观指数与物种多样性的多尺度效应——以巩义市为例……
…… 董翠芳,梁国付,丁圣彦,等 (3444)
石栎-青冈常绿阔叶林土壤有机碳和全氮空间变异特征 …… 杨 丹,项文化,方 晰,等 (3452)
湘中丘陵区南酸枣阔叶林群落特征及群落更新…… 易 好,邓湘雯,项文化,等 (3463)
基于 RBFN 的桂西北喀斯特区植被碳密度空间分布影响因素分析…… 张明阳,王克林,邓振华,等 (3472)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 352 * zh * P * ￥90.00 * 1510 * 36 * 2014-06

封面图说:空间发展受限城市的厦门——在我国城市化进程中,中小城市在城镇体系建设中处于中间环节,起到了联系大城市和小城镇的作用。但是,每个城市由于发展历史、社会经济结构、自然地理形态等因素的不同,都有其发展的特性,这些问题都必须要因地制宜地去把握。例如,厦门岛相对隔离,没有多余的发展空间,该城市以居住功能为主,城市功能较为单一,公共服务功能和商业服务功能比例较小。研究这样紧凑型的城市发展必须要考虑该城市结构转换的承受力,周边社会经济环境以及居民的生活习惯等。

彩图及图说提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail:cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201310202531
钟莉娜,赵文武,吕一河,刘源鑫.黄土丘陵沟壑区景观格局演变特征——以陕西省延安市为例.生态学报,2014,34(12):3368-3377.
Zhong L N, Zhao W W, Lü Y H, Liu Y X.Analysis of landscape pattern evolution characteristic in the hilly and gully area of loess plateau: a case study in Yan'an City, Shaanxi Province.Acta Ecologica Sinica,2014,34(12):3368-3377.

黄土丘陵沟壑区景观格局演变特征
——以陕西省延安市为例

钟莉娜[1],赵文武[1,*],吕一河[2],刘源鑫[1]
(1. 北京师范大学资源学院 地表过程与资源生态国家重点实验室,北京 100875;
2. 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室,北京 100085)

摘要:以陕西省延安市 1985 年、2000 年和 2008 年三期 1:25 万景观单元类型图,1:5 万地形图等生成的数字高程模型(DEM)为数据源,基于 ArcGIS 9.3 软件,采用多距离空间聚类、景观单元类型转移矩阵、空间数据叠加分析等方法分析了延安市景观格局的演变特征。结果表明:延安市的景观是由林地、灌木、草地和农田等基本景观单元构成的复合景观;研究期间农地面积急剧减少,流失的农地主要转变为林地、草地、灌木和聚落,除农地和裸地外,其他景观单元类型面积均有不同程度的增加;1985—2008 年,林地、灌木和草地聚集的最大尺度减小,而农田聚集的最大尺度变大,农田和草地的空间聚集强度明显小于林地和灌木;延安市主要景观单元类型演变主要发生在海拔 1100—1500 m 之间的区域和坡度范围 7—21°之间的区域,但农田向聚落的演变主要发生在海拔较低(900—1300 m)、坡度较缓(<7°)的平川缓丘地带。1999 年之前,经济的迅速发展是延安市景观格局演变的主要驱动因素;而 1999 年之后,国家推行的退耕还林(还草)等一系列生态重建措施成为延安市景观格局变化的主要驱动因素。

关键词:景观格局;演变;多距离空间分析;空间分异;空间叠加

Analysis of landscape pattern evolution characteristic in the hilly and gully area of loess plateau: a case study in Yan'an City, Shaanxi Province

ZHONG Lina[1], ZHAO Wenwu[1,*], LV Yihe[2], LIU Yuanxin[1]
1 *State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing* 100875, *China*
2 *State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100085, *China*

Abstract: Landscape pattern is the arrangement of landscape embedded blocks of different sizes and shapes. Landscape pattern changes result from complex interactions of physical, biological and social forces. Human land use has influenced most landscapes, resulting in a landscape mosaic of natural and human-managed patches that vary in size, shape and arrangement. The quantitative analysis of landscape pattern is the fundamental of researching the mutual relations of landscape patterns and ecological processes. Loess Plateau is one of the world's largest loess areas with a long history of human activities, and the natural environment is fragile. Research on Landscape pattern evolution in the hilly and gully area of Loess Plateau has long been a research hotspot. The analysis of landscape pattern changes in Loess Plateau has a crucial role in understanding the structure and changes of the ecosystem. This study analyzed the evolution characteristic of landscape pattern and the spatial differentiation of main evolution types in Yan'an City based on landscape ecology theory,

基金项目:国家自然科学基金(41171069,41171156)
收稿日期:2013-10-20; **修订日期**:2014-04-01
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: zhaoww@bnu.edu.cn

using GIS technology. 1∶250000 landscape type maps in 1985, 2000 and 2008 and digital elevation model (DEM) of Yan′an City are used in this research. Considering the local characteristics and referring to domestic and foreign land use classification system, Yan′an City landscape types are divided into seven categories, namely woodland, bush, grassland, farmland, settlements, water and bare ground. Different methods such as Multi-Distance Spatial Cluster, landscape transition matrix, spatial data overlay analysis, were used in this research. The primary conclusions were as follows: the landscape background of Yan′an City is a composite landscape matrix consisting of woodland, bush, grassland and farmland. The area of farmland decreased sharply during the study period. The reduced farmland mainly transformed into forest land, grassland, bush and settlements. Other landscape types except farmland and bare land are increased at different degrees. The maximum aggregation scale of woodland, bush and grassland decreased from 1985 to 2008, while that of farmland became larger. The spatial aggregation intensity of farmland and grassland was significantly less than that of woodland and bush. The evolution of main landscape types mostly occurred at altitudes between 1100 m and 1500 m, and the gradient of slope was varied in the range from 7° to 21°. The evolution of farmland to settlement occurred mainly at altitudes between 900 m and 1300 m, and the slope was less than 7°. Yan′an City is located in Loess Plateau which is the most serious area of soil erosion in China. Therefore, the government has adopted a series of comprehensive measures to achieve the aim of effective control of soil erosion. Returning farmland to forest, re-building sloping land into level terrace and strengthening the construction of "Three North" shelterbelt are all in their implementation. Yan′an City is the political, economic and cultural center in Northern Shaanxi. The rapid socio-economic development was the main reason for the landscape patterns′ evolution before 1999; while after 1999, these measures of controlling soil erosion exceed the rapid socio-economic development, which became the main factors affecting landscape pattern evolution in Yan′an City.

Key Words: landscape; evolution; Multi-Distance Spatial analysis; spatial differentiation; GIS Spatial Overlay

景观生态学中的景观格局一般指空间格局,是指大小和形状不一的景观斑块在空间上的配置[1-2]。景观格局变化与气候变化、土地利用/土地覆被变化及生物多样性变化密切相关,了解景观格局的演变特征是进行景观格局分析的前提与基础[3-6]。近年来,景观格局演变及其对生态过程的影响引起了国际学者的广泛关注,成为当前景观生态学研究中的热点问题[7-9]。学者们对景观格局演变的分析多是利用景观格局指数、景观单元类型转移矩阵等方法,从景观格局的变化特征、驱动机制以及对景观格局的模型预测等不同角度进行探讨[10-15],但是景观指数反映的是景观格局的几何特征,往往难以揭示景观格局变化的深层规律,而模型方法也存在着很大的不确定性。在景观格局变化的定量评估方面尚需要探索新的适用性方法。

黄土高原是世界上最大的黄土堆积区,人类活动历史悠久,自然环境脆弱。对黄土高原地区景观格局变化的研究一直是国内学者研究的热点问题之一[16-18]。本文以黄土丘陵沟壑区延安市为例,基于景观生态学理论,借助 GIS 技术,利用多距离空间聚类分析、主要景观演变类型的地形梯度分析等方法定量研究了 1985—2008 年延安市景观格局的演变特征和主要演变类型的空间分异规律,以期为研究区土地利用和生态系统管理提供可能参考。

1　研究区概况

延安市位于黄河中游,地处北纬 35°21′—37°31′,东经 107°41′—110°31′之间,属黄土丘陵沟壑区,山川塬交错,沟梁峁纵横,地形复杂、地貌独特。地势西北高东南低,平均海拔约 1200 m。延安属高原大陆性季风气候,北部属半干旱地区,南部属半湿润地区。延安市北连榆林市,南接关中咸阳、铜川、渭南 3 市,东隔黄河与山西省临汾市、吕梁市相望,西依子午岭与甘肃省庆阳市为邻(图 1)[19]。

2　数据来源与研究方法

2.1　数据来源

本研究以延安市 1985 年、2000 年和 2008 年 3 期 1:25 万景观单元类型图,1:5 万地形图生成的数字高程模型(DEM)为基本图件,分析延安市景观格局

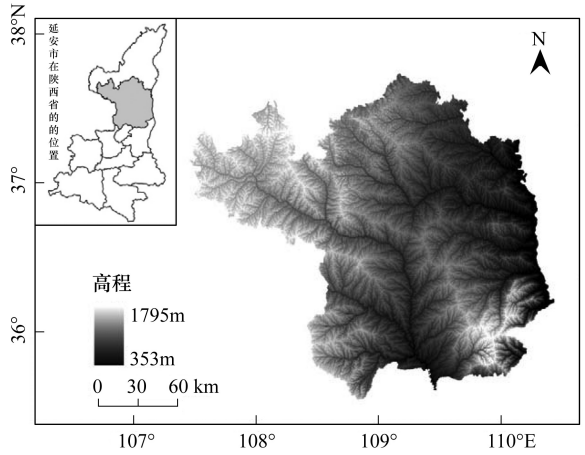

图 1 研究区位置示意图

Fig.1 Location of the study area

的演变特征。在 ArcGIS 9.3 平台支持下,基于 DEM 数据获取研究区高程图、坡度图和坡向图。景观单元类型图来源于中国 1:25 万土地覆盖遥感调查与监测数据库,该数据库是在“国家科学数据共享工程——地球系统科学共享网”的支持下,由中国科学院遥感应用研究所等 7 个单位,在全国 1:10 万土地利用数据和遥感分类数据的基础上,采用全数字作业方式共同完成,数据精度在 80%以上(不同类型有差异)。结合当地土地利用现状和土地资源特点,参考国内外土地利用分类系统,将延安市景观单元划分为七种类型,分别是林地、灌木、草地、农田、聚落、水体和裸地。

2.2 研究方法

本研究采用空间统计和数理统计方法对 1985 年至 2008 年延安市不同景观单元类型的数量变化进行分析。

(1)景观单元类型变化特征分析

为探讨不同景观组分之间复杂的相互转化过程,基于 ArcGIS 9.3 操作平台,将 3 期景观单元类型图进行了空间叠置运算,由此得到景观单元类型转移矩阵,初步分析延安市景观单元类型的动态变化过程。

(2)空间聚类分析

用 Ripley K 函数对延安市景观格局进行多距离空间聚类分析,Ripley K 函数的公式如下:

$$L(d)=\sqrt{\frac{A\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1,j\neq i}k(i,j)}{\pi n(n-1)}}\quad(i,j=1,2,\ldots,n)$$

式中,A 为研究区面积,n 为点的个数,d 为期望值(随机空间模式),$L(d)$ 为观测值(研究区特定距离的空间模式),$k(i,j)$ 为权重。$L(d)>d$ 表明与景观类型呈聚集分布;$L(d)=d$ 表示景观单元类型呈随机分布,$L(d)<d$ 表示该景观单元类型的离散程度较高。Ripley K 函数分析会在结果中生成置信区间,如果 $L(d)$ 大于(小于)置信区间上限值(下限值),则该距离的空间聚集(离散)具有统计学上的显著性。$L(d)$ 的第一个峰值所对应的值表示景观单元类型间聚集的特征空间尺度,可用来度量分布强度或拥挤度[20]。

本研究分析了研究区 4 种主要景观单元类型(林地、灌木、草地、农田)在 1985—2008 年的空间聚集情况,分析其在二维空间上的演变特征。基于 ArcGIS 9.3 软件生成 2000 个随机点图层,将该图层分别与三期景观单元类型图叠加以确定随机点的景观单元类型,然后利用多距离空间聚类工具对不同时期的不同景观单元类型进行 Ripley K 函数分析。

(3)景观格局变化的地形分布特征分析

1985 年和 2008 年的景观单元类型图叠加得到 1985—2008 年景观单元演变类型图。将景观单元演变类型图与基于 DEM 数据获取的研究区高程数据、坡度数据和坡向数据进行空间叠加分析,并对所获得的数据进行数理统计,以揭示其景观格局变化在三维空间上的演变特征。

3 结果与分析

3.1 景观单元的数量变化特征

由表 1、图 2 和图 3 可知,研究区草地面积最大,三期景观单元类型图中草地所占的面积比例均在 40%以上;农田面积次之,比例在 16.18%—31.50%之间,呈下降趋势,是研究期间降幅最大的景观单元类型。与此同时灌木、林地和草地的面积均呈现增加趋势,灌木从 1985 年的 14.89%增加到了 2008 年的 16.18%,林地从 1985 年的 8.45%增加到了 2008 年的 10.10%,草地面积增幅最大,从 1985 年的 44.68%增加到了 2008 年的 56.16%。聚落和水体面积总体上呈现增加趋势,裸地面积先增后减。

林地和草地主要分布在延安市的东南和西南方向,农地主要分布在延安市的北部,聚落、水体、裸地面积较小(图 2)。在 1985 年和 2000 年,农田和草地

是延安市的优势景观单元类型,由于当地推行退耕还林(还草)政策,至 2008 年,延安市农地数量急剧减少,林地、灌木和草地的数量增加。总体来看,林地、灌木、草地和农田四者所占的面积比例达到了研究区面积的 99%以上。

表 1　延安市景观单元类型面积统计

Table 1　Landscape area statistics of Yan′an City

景观单元类型 Landscape type	1985 年		2000 年		2008 年	
	面积/km² Area	百分比/% Percentage	面积/km² Area	百分比/% Percentage	面积/km² Area	百分比/% Percentage
林地 Forest	3121.88	8.45	3629.30	9.82	3732.58	10.10
灌木 Bush	5500.82	14.89	5608.12	15.18	5980.00	16.18
草地 Grassland	16511.56	44.68	16122.15	43.63	20752.07	56.16
农地 Farmland	11640.18	31.50	11291.87	30.56	6203.05	16.79
聚落 Settlement	29.40	0.08	130.94	0.35	132.83	0.36
水体 Water body	145.55	0.39	148.39	0.40	148.75	0.40
裸地 Bare land	2.52	0.01	21.13	0.06	2.63	0.01

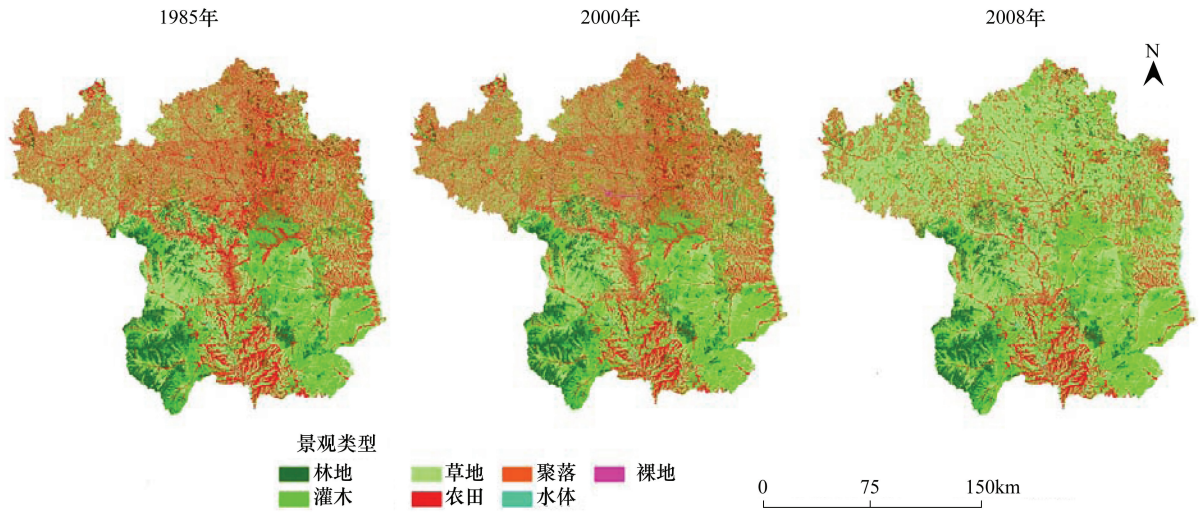

图 2　延安市景观单元类型图

Fig.2　Landscape type map of Yan′an City

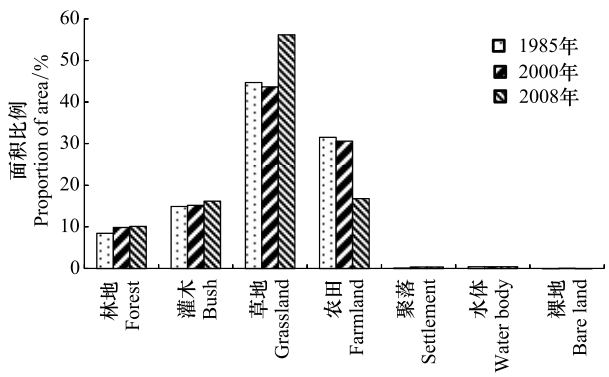

图 3　景观单元类型面积比较

Fig.3　Comparison of landscape type area

3.2　景观单元的类型变化特征

从 1985—2000 年景观单元类型的演变情况(表 2)来看,林地主要转变为草地和农田,总变化率约为 1.6%,保留了原有林地面积的 97.9%;灌木主要转变为林地、草地和农田;草地主要向农田、林地和灌木流转;农田主要转变为草地和林地,其次是灌木和聚落;此外,聚落主要转变为草地,水体主要转变成农田,裸地和农田相互转换。在不同景观单元类型演变过程中,草地演变为农田的面积最大,这反映了在 20 世纪 90 年代延安市开荒种田、增加耕地面积的现象较为普遍。作为陕北地区政治、经济和文化中心,1985—2000 年延安市社会经济快速发展,是期间影

响延安市景观格局演变的重要驱动因子[21-22]。

表 2 1985—2000 年延安市景观单元类型转移矩阵

Table 2 Landscape transition matrix of Yan′an City from 1985 to 2000

景观单元类型 Landscape type		2000 年						
		林地 Forest	灌木 Bush	草地 Grassland	农田 Farmland	聚落 Settlement	水体 Water body	裸地 Bare land
1985 年	林地 Forest/km^2	3057.22	13.59	23.70	25.96	1.01	0.40	0.00
	灌木 Bush/km^2	63.29	5296.31	71.89	67.23	0.57	1.52	0.00
	草地 Grassland/km^2	214.86	212.32	5654.96	405.11	14.82	8.72	0.79
	农田 Farmland/km^2	291.88	85.43	367.71	10786.48	86.32	3.66	18.70
	聚落 Settlement/km^2	0.15	0.13	1.68	0.34	26.98	0.12	0.00
	水体 Water body/km^2	1.83	0.34	2.07	6.10	1.24	133.98	0.00
	裸地 Bare land/km^2	0.07	0.00	0.14	0.66	0.00	0.00	1.65

从 2000—2008 年景观单元类型的变化情况(表 3)来看,林地主要向草地和农田流转,灌木主要转变为草地,草地主要转变为灌木和农田。同时,大面积的农田主要转变为草地、灌木和林地,变化面积可达 5112.62 km^2,这主要是退耕还林还草政策实施的结果[22]。此外,聚落和水体与其他景观单元类型之间的转变较少,部分裸地转变为农田。

表 3 2000—2008 年延安市景观单元类型转移矩阵

Table 3 Landscape transition matrix of Yan′an City from 2000 to 2008

景观单元类型 Landscape type		2000 年						
		林地 Forest	灌木 Bush	草地 Grassland	农田 Farmland	聚落 Settlement	水体 Water body	裸地 Bare land
2000 年	林地 Forest/km^2	3619.02	0.00	9.62	0.51	0.16	0.00	0.00
	灌木 Bush/km^2	0.00	5606.84	0.92	0.37	0.00	0.00	0.00
	草地 Grassland/km^2	0.00	6.20	20741.41	5.59	0.57	0.48	0.00
	农田 Farmland/km^2	113.56	366.96	4632.10	6178.09	1.16	0.00	0.00
	聚落 Settlement/km^2	0.00	0.00	0.00	0.00	130.94	0.00	0.00
	水体 Water body/km^2	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00	148.27	0.00
	裸地 Bare land/km^2	0.00	0.00	0.00	18.50	0.00	0.00	2.63

1985—2008 年间延安市各景观单元类型的演变较为复杂,但景观单元类型的演变主要表现为林地、灌木、草地和农田之间的相互转换以及农田向聚落的流转(表 4)。其中,农田转变为灌木和林地的面积占总变化面积的 49.44%。我国政府在 1999 年推行的“退耕还林(还草)”等水土保持政策是农田演变为林地和灌木的重要驱动因子[22-23]。

3.3 景观单元变化的空间分异规律

3.3.1 景观单元类型的空间聚集特征

景观单元类型的演变是一个动态的过程。景观单元类型的空间聚集特征在一定程度上可以反映人类活动对自然景观演变的影响。研究景观单元类型的空间集聚特征可以为调整人类社会经济活动、优化土地利用格局提供科学依据。

表 4 1985—2008 年延安市主要景观演变类型

Table 4 The main types of landscape transformation of Yan′an City, from 1985 to 2008

景观演变类型 Landscape evolution type	演变面积/km^2 Evolution area	占总演变面积的比例/% The proportion of the total area
林地转为灌木 Forest into bush	15.51	0.90
林地转为草地 Forest into grassland	42.88	2.49
林地转为农田 Forest into farmland	15.11	0.88
灌木转为林地 Bush into forest	64.28	3.74
灌木转为草地 Bush into grassland	109.09	6.35
灌木转为农田 Bush into farmland	31.28	1.82
草地转为灌木 Grassland into bush	238.41	13.87
草地转为农田 Grassland into farmland	214.88	12.50
农田转为林地 Farmland into forest	409.00	23.79
农田转为灌木 Farmland into bush	441.01	25.65
农田转为聚落 Farmland into settlement	89.56	5.21
合计 Total	1671.01	97.20

综合分析表 5 和图 4,1985 年研究区林地聚集的最大尺度为 16 km,随着观测距离的增加,林地依然呈聚集分布,未有离散趋势($L(d)>d$)。观测值明显高于置信区间的上限值,表明林地在 1985 年、2000 年和 2008 年的聚集特征具有统计学上的显著性。2000 年和 2008 年林地聚集的最大尺度均为 10 km,与 1985 年相比有所降低,但观测距离内未出现离散格局。

表 5　各景观单元类型空间聚集的最大尺度及离散临界值/km

Table 5　Max cluster distance and dispersed values for landscape type

	林地 Forest		灌木 Bush		草地 Grassland		农田 Farmland	
	聚集 Cluster	离散 Scatter	聚集 Cluster	离散 Scatter	聚集 Cluster	离散 Scatter	聚集 Cluster	离散 Scatter
1985 年	16		12		25	55	10	
2000 年	10		11		24	55	12	55
2008 年	10		11		18		12	55

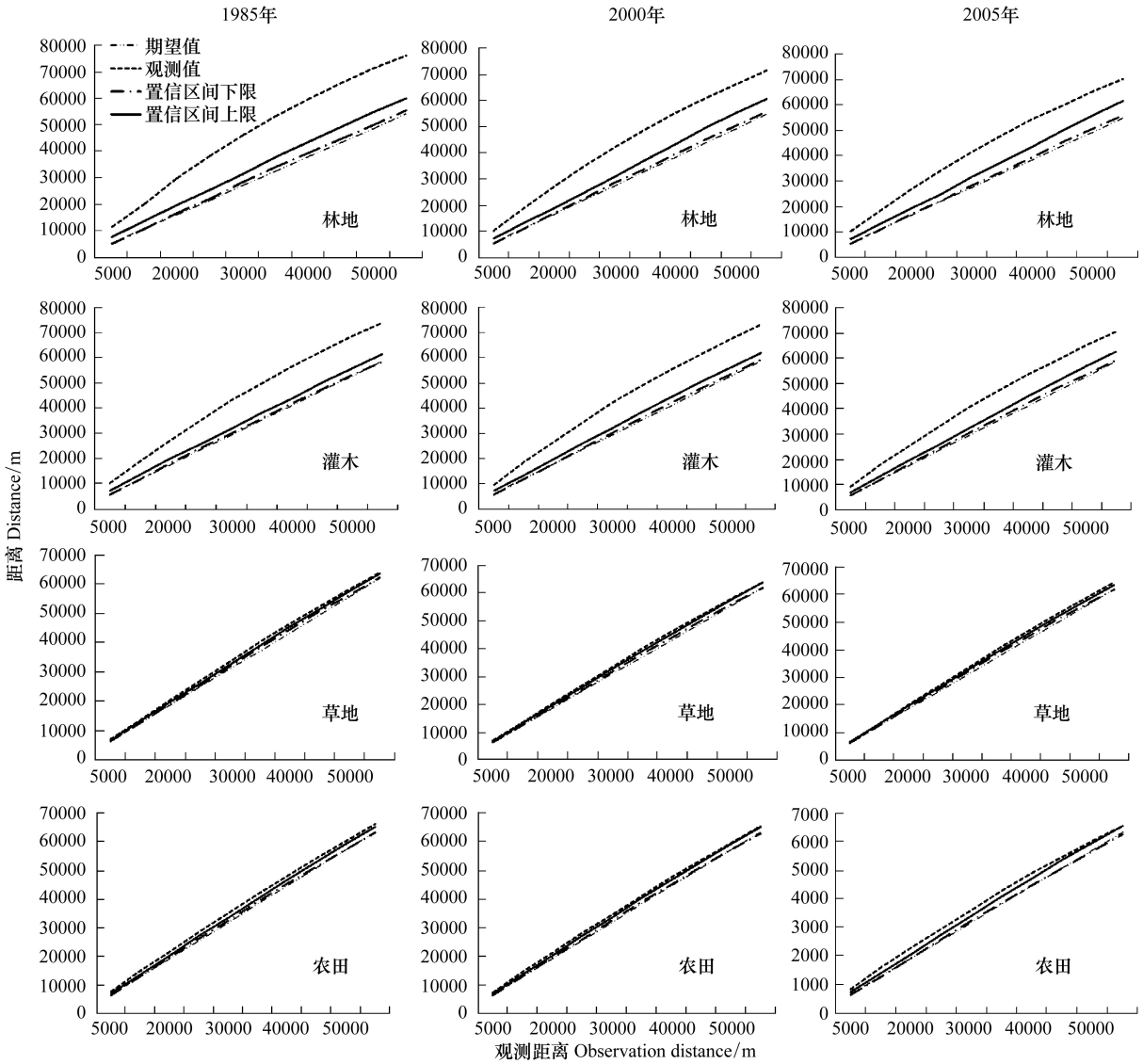

图 4　不同时期各景观单元类型多距离空间聚集图

Fig.4　Multi-distance spatial cluster for different landscape types in 1985,2000 and 2008

1985 年灌木聚集的最大尺度为 12 km。该景观单元类型在观测距离内未出现离散格局,且空间聚

集特征具有统计学上的显著性($L(d)>d$)。2000 年和 2008 年灌木聚集的最大尺度均为 11 km,其他聚集特征与 1985 年相似。

1985 年、2000 年和 2008 年草地聚集的最大尺度分别是 25 km、24 km 和 18 km。总体来看,草地在研究期内呈聚集分布($L(d)>d$),但聚集强度较低。特别是 2000 年时,当观测距离增加到 55 km 时,出现了离散分布($L(d)<d$)。研究结果具有统计学上的显著性。

农田聚集的最大尺度 1985 年为 10 km,2000 年和 2008 年是 12 km。研究期内呈聚集分布($L(d)>d$),但聚集强度较低,有离散的趋势。2000 年和 2008 年,在观测距离为 55 km 时出现了离散分布($L(d)<d$)。

1985—2008 年,林地、灌木和草地聚集的最大尺度减小,农田聚集的最大尺度增大,说明研究期内林地、灌木和草地在二维空间上逐渐聚集,而农田在二维空间上逐渐分散。研究期内林地、灌木和草地面积增加,而农田面积减少的驱动因素——退耕还林(还草)政策,同时也是林地、灌木和草地在二维空间上逐渐聚集,农田趋于分散的驱动因素。

3.3.2 景观单元类型转换的地形梯度特征

基于 1:5 万数字高程模型(DEM),利用 ArcGIS 9.3 软件获取高程图、坡度图和坡向图,将高程图、坡度图和坡向图分级,并分别与主要景观单元演变类型数据进行空间叠加分析,经统计得到主要景观单元演变类型在不同高程、坡度、坡向的分布情况(表 6—表 8)。

景观单元演变类型的主要分布坡向如表 8 所示,在西坡和西南坡上林地转变为灌木的面积较大、东坡和东北坡上林地转变为草地的面积较大。表 8 中的阴影部分为不同景观单元演变类型所占面积比例较大的坡向。一般情况下,坡向通过影响土壤水分和日照时数对地表景观格局产生影响。不同坡向有各自适宜生长的植被类型。若不加人类活动的干扰,不同坡向上景观单元类型的演变是相当缓慢的。但是,退耕还林以来,延安市实行了一系列土地利用结构调整措施,包括将原有坡耕地退耕,坡耕地改为水平梯田,扩大人工乔灌木面积等。这些措施是延安市景观单元演变坡向分异的主要原因[24]。

分析主要景观单元演变类型在各高程梯度、坡度梯度、坡向梯度分布的数据发现这种景观格局变化具有较为明显的空间分布规律,尤其与高程和坡度因子密切相关。其中,农田向聚落的转变主要发生在海拔介于 900—1300 m 的区域和坡度小于 7°的区域,可见农田向聚落的转变主要发生在海拔偏低、坡度较缓的平川缓丘地带。林地向灌木、草地和农田的转变主要发生在海拔高于 1100 m 的区域和坡度介于 7°—21°之间的区域。灌木和草地向其他主要景观单元类型的转变主要发生在海拔介于 1100—1500 m 的区域和坡度介于 7°—21°之间的区域。

表 6 主要景观单元演变类型高程分级统计/%

Table 6 Elevation classification statistics of main types of landscape evolution

景观单元演变类型 Landscape evolution type	<700 m	700—900 m	900—1100 m	1100—1300 m	1300—1500 m	>1500 m
林地转为灌木 Forest into bush	0.00	0.00	4.71	32.02	48.00	15.27
林地转为草地 Forest into grassland	0.00	0.76	9.60	28.15	41.32	20.17
林地转为农田 Forest into farmland	0.26	2.46	14.67	15.93	40.24	26.44
灌木转为林地 Bush into forest	0.08	0.50	21.22	43.23	30.22	4.75
灌木转为草地 Bush into grassland	0.07	1.12	27.65	39.04	26.11	6.01
灌木转为农田 Bush into farmland	0.75	2.82	25.72	34.17	29.81	6.73
草地转为灌木 Grassland into bush	0.05	1.83	27.15	45.45	20.78	4.74
草地转为农田 Grassland into farmland	1.20	4.66	21.19	28.91	25.32	18.71
农田转为林地 Farmland into forest	0.05	3.54	30.69	33.48	23.42	8.82
农田转为灌木 Farmland into bush	0.03	1.28	20.09	41.10	32.23	5.27
农田转为聚落 Farmland into settlement	0.14	3.34	46.78	43.94	5.10	0.71

表 7　主要景观单元演变类型坡度分级统计/%

Table 7　Slope classification statistics of main types of landscape evolution

景观单元演变类型 Landscape evolution type	<7°	7°—14°	14°—21°	21°—28°	>28°
林地转为灌木 Forest into bush	11.61	26.72	29.67	18.65	13.36
林地转为草地 Forest into grassland	11.73	27.36	29.34	18.00	13.57
林地转为农田 Forest into farmland	19.61	34.53	28.95	13.30	3.61
灌木转为林地 Bush into forest	12.48	29.84	31.47	17.85	8.36
灌木转为草地 Bush into grassland	13.07	29.60	31.09	18.50	7.74
灌木转为农田 Bush into farmland	18.79	34.56	27.82	14.31	4.53
草地转为灌木 Grassland into bush	13.73	30.63	30.90	17.36	7.37
草地转为农田 Grassland into farmland	17.50	33.05	29.20	15.09	5.16
农田转为林地 Farmland into forest	16.05	29.45	30.00	17.62	6.89
农田转为灌木 Farmland into bush	12.43	30.24	31.95	18.17	7.21
农田转为聚落 Farmland into settlement	61.61	22.28	10.82	4.10	1.19

表 8　主要景观单元演变类型坡向分级统计/%

Table 8　Aspect classification statistics of main types of landscape evolution

景观单元演变类型 Landscape evolution type	平地 Flat	北 North	西北 Northwest	西 West	西南 Southwest	南 South	东南 Southeast	东 East	东北 Northeast
林地转为灌木 Forest into bush	0.02	10.66	13.99	15.18	14.53	9.09	10.81	12.84	12.88
林地转为草地 Forest into grassland	0.01	13.10	11.83	12.24	11.95	10.07	10.85	14.61	15.34
林地转为农田 Forest into farmland	0.03	11.68	9.96	8.71	8.97	10.80	14.96	19.98	14.91
灌木转为林地 Bush into forest	0.02	13.09	16.89	16.51	12.46	9.12	9.62	10.78	11.52
灌木转为草地 Bush into grassland	0.01	11.44	11.39	10.79	10.02	11.36	14.06	16.20	14.73
灌木转为农田 Bush into farmland	0.03	11.94	10.20	10.27	11.30	10.65	13.64	16.24	15.72
草地转为灌木 Grassland into bush	0.01	13.60	14.82	13.35	11.96	10.17	10.95	11.90	13.23
草地转为农田 Grassland into farmland	0.04	9.92	10.39	10.36	10.66	11.27	16.30	17.48	13.57
农田转为林地 Farmland into forest	0.03	12.81	14.63	12.97	10.37	9.07	12.43	14.17	13.52
农田转为灌木 Farmland into bush	0.01	12.69	13.36	11.61	9.18	9.22	13.43	15.87	14.62
农田转为聚落 Farmland into settlement	0.39	8.47	9.01	10.55	13.92	16.07	17.47	13.69	10.43

阴影部分为不同景观单元演变类型所占面积比例较大的坡向

4　结论与讨论

林地、灌木、草地和农田构成了延安市的复合景观,其他景观单元类型以斑块或廊道形式镶嵌其中。1985—2008 年林地、灌木和草地的面积均有明显增加,农地面积明显减少。通过分析景观转移矩阵发现流失的农田主要转变为林地、灌木、草地和聚落。

本研究从空间聚集特征和地形梯度特征两个方面分析了延安市景观格局在二维空间和三维空间上演变的空间分异规律。研究区林地、灌木和农田聚集的最大尺度差别不大,但草地空间聚集的最大尺度较大,可达到 25 km。1985—2008 年,林地、灌木和草地聚集的最大尺度减小,而农田聚集的最大尺度增大。林地和灌木呈现显著的聚集格局,农田和草地的空间聚集强度明显小于林地和灌木。2000 年,观测距离为 55 km 处草地和农田出现了离散分布格局,2008 年农田在观测距离为 55 km 处也出现了离散分布格局。延安市主要景观单元类型的演变

大都发生在海拔介于 1100—1500 m 的区域和坡度介于 7—21°之间的区域,这个区域也是耕地比较集中的区域。农田向聚落的演变主要发生在海拔较低(900—1300 m)、坡度较缓(<7°)的平川缓丘地带。主要景观单元演变类型在坡向上没有明显的分布规律。

1999 年之前延安市经济迅速发展、城镇化速度加快、人口增加,对粮食的需求量增加,导致耕地和聚落面积增加,其他景观单元类型面积减少。1999 年之后,我国政府在黄土高原地区推行退耕还林(还草)、将坡耕地改为水平梯田、修建水平梯田等一系列水土流失治理措施,导致了林地、草地、灌木面积的增加和聚集尺度的减小,以及耕地面积的减少和聚集尺度的增大。退耕还林(还草)等一系列水土流失治理措施的推行是 1999 年之后推动延安市景观格局演变的主要因素。

References:

[1] Wu G Y, Li H B. The theoretical development of landscape ecology // Wu J G. Contemporary Ecological Theory. Beijing: China Science and Technology Press, 1992.

[2] Fu B J, Chen L D, Ma K M. Landscape Ecology Principles and Applications. Beijing: Science Press, 2001.

[3] Su S L, Xiao R, Jiang Z L, Zhang Y. Characterizing landscape pattern and ecosystem service value changes for urbanization impacts at an eco-regional scale. Applied Geography, 2012, 34: 295-305.

[4] Zhang C, Lü S H, Feng C Y, Zheng Z R. Ecological safety assessment in Hulunbeier steppe based on the landscape pattern. Advanced Materials Research, 2013, 726-731: 1121-1129.

[5] Hassett E M, Stehman S V, Wickham J D. Estimating landscape pattern metrics from a sample of land cover. Landscape Ecology, 2012, 27(1): 133-149.

[6] Paudel S, Yuan F. Assessing landscape changes and dynamics using patch analysis and GIS modeling. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012, 16: 66-76.

[7] Jones K B, Zurlini G, Kienast F, Petrosillo I, Edwards T, Wade T G, Li B, Zaccarelli N. Informing landscape planning and design for sustaining ecosystem services from existing spatial patterns and knowledge. Landscape Ecology, 2013, 28(6): 1-18.

[8] Burel F, Lavigne C, Marshall E J P, Moonen A C, Ouin A, Poggio S L. Landscape ecology and biodiversity in agricultural landscapes Agriculture. Ecosystems & Environment, 2013, 166: 1-2.

[9] Gustafson E J. Using expert knowledge in landscape ecology. Landscape Ecology, 2013, 28(2): 365-366.

[10] Dewan A M, Yamaguchi Y, Rahman M Z. Dynamics of land use/cover changes and the analysis of landscape fragmentation in Dhaka Metropolitan, Bangladesh. GeoJournal, 2012, 77(3): 315-330.

[11] Huang L B, Bai J H, Yan D H, Chen B, Xiao R, Gao H F. Changes of wetland landscape patterns in Dadu River catchment from 1985 to 2000, China. Frontiers of Earth Science, 2012, 6(3): 237-249.

[12] Ramachandra T V, Aithal B H, Sanna D D. Insights to urban dynamics through landscape spatial pattern analysis. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012, 18: 329-343.

[13] Brown D G, Verburg P H, Pontius R G Jr, Lange M D. Opportunities to improve impact, integration, and evaluation of land change models. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2013, 5(5): 452-457.

[14] Bi X L, Zhou R, Liu L J, Hong J, Wang X Z, Wang H, Suo A N, Ge J P. Gradient variations in landscape pattern along the Jinghe River and their driving forces. Acta Ecologica Sinca, 2005, 25(5): 1041-1047.

[15] Liang Y J, Zhong F L, Xu Z M. Driving forces and changes in landscape pattern of land utilization based on RS and GIS in Zhangye city, Gansu province. Journal of Lanzhou University: Natural Sciences, 2010, 46(5): 24-30.

[16] Liu L, Liu X H. Landscape pattern and ecosystem service function of Loess Plateau during 1990—2000. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2011, 25(5): 8-13.

[17] Zhang J X, Zhang B, Yin H X, Wang Y Y, Zhao Y F. Landscape pattern changes of vegetation coverage in Loess Plateau of Northwest China in 2000—2011. Chinese Journal of Ecology, 2013, 32(2): 452-458.

[18] Li B, Zhang J T. Landscape pattern analysis for Loess Plateau. Environmental Science and Technology, 2005, 28(3): 39-40.

[19] Guo T Y, Xu Y, Yang G A. Land use change and man-land relationship evolution in Yan′ an region. Research of soil and water conservation, 2004, 11(3): 61-65.

[20] Zhao Y H, Jia X, Liu J C, Liu G. Analysis and forecast of landscape pattern in Xi′an from 2000 to 2011. Acta Ecologica Sinica, 2013, 3(8): 2256-2563.

[21] Wei J J. Land Use Change and Its Driving Forces in Demonstrational Area in Yan′an [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2007.

[22] Fang X. Dynamic Changes of Land Use Pattern and Ecological Function Zoning at Town Scale, Loess Plateau—a Case in Hechuan Town, Guyuan City, Ningxia Hui Autonomous Region, China [D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2011.

[23] Chen G J. Study on influence degree of converting slope farmland

into forestland and grassland on land use change-a case study of Yan′an ecological construction demonstration area. Journal of Natural Resources, 2006, 21(2): 274-279.

[24] Zhuo J, Deng F D, Liu A L, Zhou H, Zhao Q L. Land use and slope gradient differentiation over Yan′an hilly and gully area. Meteorological Science and Technology, 2008, 36(2): 219-222.

参考文献:

[1] 伍业钢, 李哈滨. 景观生态学的理论发展 // 邬建国. 当代生态学博论. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.

[2] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2001.

[14] 毕晓丽, 周睿, 刘丽娟, 洪军, 王兮之, 王辉, 索安宁, 葛剑平. 泾河沿岸景观格局梯度变化及驱动力分析. 生态学报, 2005, 25(5): 1041-1047.

[15] 梁友嘉, 钟方雷, 徐中民. 基于 RS 和 GIS 的张掖市土地利用景观格局变化及驱动力. 兰州大学学报: 自然科学版, 2010, 46(5): 24-30.

[16] 刘琳, 刘雪华. 黄土高原 1990-2000 年间的景观格局演变及生态系统服务功能分析. 干旱区资源与环境, 2011, 25(5): 8-13.

[17] 张建香, 张勃, 尹海霞, 王媛媛, 赵一飞. 2000—2011 年黄土高原植被景观格局变化. 生态学杂志, 2013, 32(2): 452-458.

[18] 李斌, 张金屯. 黄土高原土壤景观格局特征分析. 环境科学与技术, 2005, 28(3): 39-40.

[19] 郭腾云, 徐勇, 杨国安. 延安市土地利用变化与人地关系状态演变. 水土保持研究, 2004, 11(3): 61-65.

[20] 赵永华, 贾夏, 刘建朝, 刘耿. 基于多源遥感数据的景观格局及预测研究. 生态学报, 2013, 3(8): 2256-2563.

[21] 卫建军. 延安示范区土地利用变化及驱动力分析 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.

[22] 方炫. 黄土高原乡级尺度土地利用格局动态变化与生态功能区研究 [D]. 北京: 中国科学院研究生院(教育部水土保持与生态环境研究中心), 2011.

[23] 陈国建. 退耕还林还草对土地利用变化影响程度研究——以延安生态建设示范区为例. 自然资源学报, 2006, 21(2): 274-279.

[24] 卓静, 邓凤东, 刘安麟, 周辉, 赵青兰. 延安丘陵沟壑区土地利用类型坡度分异研究. 气象科技, 2008, 36(2): 219-222.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.12 June, 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Development history and future research priorities of landscape ecology in China ..... CHEN Liding, LI Xiuzhen, FU Bojie, et al (3129)

Research review on effects of urban landscape pattern changes on water environment ..... HUANG Shuo, GUO Qinghai (3142)

A review of multifunctional landscape ..... TANG Qian, DING Shengyan (3151)

Compact development of space-limited city: a case study of Xiamen Island ..... HUANG Shuo, GUO Qinghai, TANG Lina (3158)

Analysis of factors contributing to the cooling effects of Purple Mountain Forest Park ..... YAN Weijiao, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3169)

Impacts of structure characteristics on the thermal environment effect of city parks ..... FENG Yueyi, HU Tangao, ZHANG Lixiao (3179)

Suitability assessment for building land consolidation on gentle hillside based on OWA operator: a case in Dali Bai Nationality Borough in Yunnan, China ..... LIU Yanxu, PENG Jian, HAN Yinan, et al (3188)

Optimization of land use pattern based on eco-security: a case study in the huangfuchuan watershed ..... YU Feng, LI Xiaobing, WANG Hong (3198)

Analysis of land use/cover change from 2000 to 2010 and its driving forces in Manas River Basin, Xinjiang ..... LIU Jinwei, JIN Tiantian, LIU Guohua, et al (3211)

Dynamic trend analysis of land use change in the ganjiang upstream watershed by using RS and GIS techniques ..... LU Yanfei, PENG Fang, WAN Yun, et al (3224)

Landscape pattern dynamics and driving forces analysis in the Sanjiang Plain from 1954 to 2010 ..... LIU Jiping, ZHAO Dandan, TIAN Xuezhi, et al (3234)

Optimizing theory and case studies of cultivated slope land in the center of three gorges reservoir area based on patch-scale land evaluation ..... WANG Yongyan, LI Yangbing, SHAO Jingan, et al (3245)

Spatial-temporal evolution of land use and landscape pattern of the mountain-basin system in Guizhou Province ..... LI Yangbing, YAO Yuanwen, XIE Jing, et al (3257)

Spatio-temporal simulation of land cover scenarios in southwestern of China ..... LI Jing, FAN Zemeng, YUE Tianxiang (3266)

Gradient analysis of dry valley of Minjiang River landscape pattern, based on moving window method ..... ZHANG Lingling, ZHAO Yonghua, YIN Sha, et al (3276)

Study on spatio-temperal change of Tibetan Antelope's habitat based on vegetation coverage ..... ZHAO Haidi, LIU Shiliang, DONG Shikui, et al (3285)

Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping field in a groge Karst region, Southwest China ..... FAN Fujing, HUANG Guoqin, SONG Tongqing, et al (3293)

Characteristics of soil microbial populations and biomass under different ecosystems in a canyon karst region ..... TAN Qiujin, SONG Tongqing, PENG Wanxia, et al (3302)

Spatial and temporal dynamics of land use and its influence on ecosystem service value in Yangtze River Delta ..... LIU Guilin, ZHANG Luocheng, ZHANG Qian (3311)

Evaluation of tourism dynamic landscape along Qinghai-Tibet railway based on the visual corridor ..... ZHANG Ruiying, XI Jianchao, YAO Yulong, et al (3320)

A study of spatial evolution characteristics of rural settlements and influences of landscape patterns on their distribution using GIS and RS ..... REN Ping, HONG Buting, LIU Yin, et al (3331)

Assessing the ecosystem conservation status and priority: a case study from Jiangxi Province, China ····· FAN Naiqing, ZHANG Yuxin, LÜ Yihe, et al (3341)

The impact of salt marsh change on sediment accumulation and wave attenuation at the East Chongming Island ····· REN Linjing, LI Xiuzhen, YANG Shilun, et al (3350)

Landscape classification system based on climate, landform, ecosystem: a case study of Xinjiang area ····· SHI Qingdong, WANG Zhi, HE Longmei, et al (3359)

Analysis of landscape pattern evolution characteristic in the hilly and gully area of loess plateau: a case study in Yan'an City, Shaanxi Province ····· ZHONG Lina, ZHAO Wenwu, LV Yihe, et al (3368)

Analysis of the characteristics of agro-landscape heterogeneity under the different disturbances: a case study of Gongyi City ····· ZHANG Xiaoyang, LIANG Guofu, DING Shengyan (3378)

Classification and ordination of grassland landscape in the Shanxi Plateau ····· ZHANG Xianping, LI Zhiqin, WANG Mengben, et al (3386)

Analysis of factors affecting mountainous land surface temperature in the summer: a case study over Mount Tai ····· SUN Changfeng, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3396)

Research on spatial distribution and influencing factor of soil moisture in typical depression area of karst region ····· ZHANG Jiguang, SU Yirong, CHEN Hongsong, et al (3405)

Landscape heterogeneity of mountainous and hilly area in the western Henan Province based on moving window method ····· LI Dongke, DING Shengyan, LIANG Guofu, et al (3414)

Trends in vegetation and their responses to climate and topography in northwest Guangxi ····· TONG Xiaowei, WANG Kelin, YUE Yuemin, et al (3425)

Landscape pattern analysis on change of fractional vegetation cover between karst and no-karst areas: a case study in Hechi District, Guangxi Zhuang Autonomous Region ····· WANG Mingchong, WANG Xizhi, LIANG Zhaoxiong, et al (3435)

Multi-scale effects for landscape metrics and species diversity under the different disturbance: a case study of Gongyi City ····· DONG Cuifang, LIANG Guofu, DING Shengyan, et al (3444)

Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen concentrations in a *Lithocarpus glaber-Cyclobalanopsis glauca* evergreen broadleaved forest ····· YANG Dan, XIANG Wenhua, FANG Xi, et al (3452)

The characteristics and regeneration of the *Choerospondias axillaries* broad-leaved community in the hilly region of central Hunan Province, China ····· YI Hao, DENG Xiangwen, XIANG Wenhua, et al (3463)

Factors influencing the spatial distribution of vegetation carbon density in karst landscapes of Northwest Guangxi: a case study based on radial basis function network model ····· ZHANG Mingyang, WANG Kelin, DENG Zhenhua, et al (3472)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科研工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科研人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933　　CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址: 100085 北京海淀区双清路 18 号　**电　　话**:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@ rcees.ac.cn　**网　　址**: www.ecologica.cn

编辑部主任　孔红梅　　**执行编辑**　刘天星　段　靖

生　态　学　报
(SHENGTAI　XUEBAO)
(半月刊　1981 年 3 月创刊)
第 34 卷　第 12 期　(2014 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34　No. 12 (June, 2014)

编　　辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@ rcees.ac.cn
主　　编	王如松
主　　管	中国科学技术协会
主　　办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085
出　　版	科学出版社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717
印　　刷	北京北林印刷厂
发　　行	科学出版社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@ cspg.net
订　　购	全国各地邮局
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044
广告经营许可证	京海工商广字第 8013 号

Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@ rcees.ac.cn
Editor-in-chief	WANG Rusong
Supervised by	China Association for Science and Technology
Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@ cspg.net
Domestic **Foreign**	All Local Post Offices in China China International Book Trading Corporation Add:P.O.Box 399 Beijing 100044, China

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q　　国内外公开发行　　国内邮发代号 82-7　　国外发行代号 M670　　定价 90.00 元