

# 陕北农牧交错带土地利用景观格局动态变化研究

贾科利<sup>1,2</sup>, 常庆瑞<sup>2</sup>, 张俊华<sup>3</sup>

(1. 宁夏大学 资源环境学院, 宁夏 银川 750021; 2. 西北农林科技大学  
资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院 南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

**摘要:** 利用 1986 年、1993 年和 2000 年 3 期遥感资料, 基于遥感和 GIS 技术, 选取反映景观格局特征的指数, 分析了陕北农牧交错带景观格局及动态变化的特征。结果表明, 陕北农牧交错带土地利用景观整体多样性增加, 整个景观正从单一景观向多样化的景观过渡, 景观类型在空间上呈离散性分布趋势, 结构复杂, 景观斑块间离散度增大, 形状变得较为不规则, 整体破碎度逐渐增大。

**关键词:** 景观格局; 动态变化; 景观指数; 陕北农牧交错带

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)04-0121-05

中图分类号: F301.24

## Landscape Patterns and Their Dynamical Changes in Agricultural and Pasturing Interlaced Zone of Northern Shaanxi Province

JIA Ke-li<sup>1,2</sup>, CHANG Qing-rui<sup>2</sup>, ZHANG Jun-hua<sup>3</sup>

(1. *The College of Resources and Environment, Nixia Univercity Yinchuan, Ningxia 750021, China;*  
2. *Northwest Sci-Tech University of Agriculture & Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;*  
3. *Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210008, China*)

**Abstract:** The landscape patterns and their dynamical changes of agricultural and pasturing interlaced zone of Northern Shaanxi Province in China from 1986 to 2000 are studied using three sets of multi-temporal remotely sensed data of TM, acquired in August of 1986, July of 1993, and August of 2000. Results show that the Shannon's diversity index of whole landscape has increased; the whole landscape is conversing from simple to diversified landscape; the landscape types present a dispersed distribution in space; the structure of the landscape becomes more complex. The fragmentation indexes for arable land, forest land, grass land and construct land have increased, which indicates that the disperse index between patches has increased and patch shape becomes more irregular. The fragmentation index of landscape has increased.

**Keywords:** landscape pattern; dynamical change; landscape index; agricultural and pasturing interlaced zone of Northern Shaanxi Province

随着人类社会的发展,土地利用的格局、深度和强度不断发生变化,由此引起许多自然现象和生态过程的变化<sup>[1-3]</sup>,如生物多样性的分布和生物地球化学循环<sup>[4]</sup>,土壤侵蚀<sup>[5]</sup>、土壤养分与水分<sup>[6]</sup>、地表径流<sup>[7]</sup>、土地荒漠化<sup>[8]</sup>等。因此,研究土地利用格局变化对生态环境的影响对于了解区域生态环境具有重要的意义。

陕北农牧交错带为毛乌素沙漠向陕北黄土高原丘陵沟壑区的过渡地带,是我国典型的风沙过渡区、农牧交错区和生态脆弱区。随着区域生态环境综合

治理的不断深入,特别是植树造林、退耕还林(草)等措施的实施,加之该区又是国家重要的能源化工基地,一批大型重点工程如神府煤矿、西气东输等工程的建设,土地利用景观格局已经并正在发生较大变化。土地利用景观格局的变化会引起不同土地景观单元间能量、物质及营养成分流动的变化,也会引起上述生态过程及系统功能的变化<sup>[9]</sup>。目前虽然在该区开展了一些研究,并分析了土地利用变化对环境的影响<sup>[10-11]</sup>,但大都针对土地利用变化过程与影响土地利用变化因素的分析<sup>[12-14]</sup>。为了研究陕北农牧交

收稿日期:2007-01-20 修回日期:2007-03-29

资助项目:国家自然科学基金项目(30571527,30170790);教育部科技重点项目(03157)

作者简介:贾科利(1975—),男(汉族),陕西省宝鸡县人,在读博士,讲师,从事土地资源利用与 3S 技术应用研究。E-mail:jjakeli@163.com。

通讯作者:常庆瑞(1959—),男(汉族),陕西省子州县人,教授,博士生导师,主要从事土地资源与空间信息技术研究。E-mail:changqr@nwsuaf.edu.cn。

错带土地利用景观格局的变化特征,本文以榆林 7 个县为研究区域,选取反映景观格局特征变化的指标,分析 1986—2000 年间土地利用景观格局动态变化,以期为该区生态环境恢复提供有意义的借鉴。

## 1 研究区概况

陕北农牧交错带位于东经 107°35′—111°29′,北纬 37°35′—39°02′,土地总面积为  $3.61 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,处于毛乌素沙漠南缘,陕北黄土高原北端,平均海拔为 800~1 800 m。横山以东地型走势由西北向东南倾斜,横山以西南高北低,地势起伏平缓,沙丘绵延不断,滩地、海子散布其间;西南部是黄土覆盖的低山丘陵区,地面坡度较大;东北部为以梁为主的黄土丘陵,零星分布着流沙和裸露的基岩,地形破碎,水土流失强烈。植被从东南向西北由森林草原向干旱草原、荒漠草原过渡,属于内陆干旱草原气候,无霜期短,降水少且集中,自然环境恶劣。

研究区包括榆阳、神木、府谷、横山、靖边、定边、佳县 7 县区,共 174 个乡镇,总人口 212.99 万人,其中农业人口  $1.78 \times 10^6$  人。国民经济以农业为主,种植业和养殖业占据农业的主导地位,是典型的农牧交错带。由于区域自然条件恶劣,特别是不合理的利用土地和滥垦滥伐,大量植被和草原遭到严重破坏,全区风蚀沙化十分严重,生态经济系统相当不稳定。

## 2 研究方法

### 2.1 土地利用景观类型划分

土地利用景观分类参照全国土地利用分类方法,把陕北农牧交错带的土地利用景观类别划分为耕地、林地、草地、建设用地、水域和未利用土地 6 个一级类型和 20 个二级类型(表 1)。由于数据库中土地利用二级分类较为复杂,研究中数据除沙地外按二级地类统计,一级地类汇总。

表 1 土地利用景观类型分类

景观类型	二级类型
耕地	灌溉水田、水浇地、旱地
林地	有林地、灌木林、疏林地
草地	草地
建设用地	城镇及居民点、工矿用地、交通过用地
水域	湖泊水面、水库水面、河流水面、滩涂
未利用土地	荒草地、盐碱地、沼泽、裸地、裸岩、沙地

### 2.2 数据处理

以 1986,1993 和 2000 年 3 期 TM 影像作为数据源,其空间分辨率为 30 m,成像时间均在 7—8 月。

利用 ERDAS 8.5 软件,用 1:250 000 地形图对各期影像进行了几何精校正。

对经过校正的数字影像进行拼接、分割和融合处理,用 TM4(R),3(G),2(B) 波段合成假彩色影像,并用人机交互方式进行样区选择与识别解译,建立分类模板和判别函数;用最大似然分类法(MLH)对各期影像进行监督分类,并对分类的结果进行相关处理,最后对分类图像矢量化。在 ARCGIS 9.0 系统软件支持下,对矢量分类图进行编辑处理,创建拓扑关系,并建立空间数据库,数据以 ARC/INFO Coverage 格式存储。

### 2.3 土地利用格局特征指标

2.3.1 平均斑块面积与平均斑块周长 面积和周长是景观格局最基本的特征。从生物学角度讲,也是影响能量和养分的重要因素<sup>[15]</sup>。平均面积和平均周长的计算公式为:

$$S = A_i / N_i \quad (1)$$

$$E = E_i / N_i \quad (2)$$

式中:  $S$ ——平均斑块面积;  $A_i$ ——第  $i$  类斑块的总面积;  $N_i$ ——第  $i$  类斑块个数;  $E$ ——平均斑块周长;  $E_i$ ——第  $i$  类斑块的总周长。

2.3.2 景观形状指数 斑块的形状具有重要的生态学意义,对生物的扩散和物质能量的迁移具有重要的影响,斑块形状多样性是景观斑块多样性的重要方面<sup>[15]</sup>。斑块形状指数计算公式为<sup>[16]</sup>:

$$I_{LS} = 0.25 E_i / \sqrt{A_i} \quad (3)$$

式中:  $I_{LS}$ ——斑块形状指数;  $E_i$ ——第  $i$  类斑块的总周长;  $A_i$ ——第  $i$  类斑块的总面积。

2.3.3 斑块分维数 分维数是分维变量的维度,反映斑块形状的复杂程度。斑块分维数可由以下公式计算<sup>[16]</sup>:

$$F_D = 2 \log_2 (P/4) / \log_2 A \quad (4)$$

式中:  $A$ ——斑块的总面积;  $P$ ——斑块的周长。

2.3.4 景观多样性指标 景观多样性指标是景观中各类斑块的复杂性和变异性的量度。当景观匀质时,多样性指数为 0,随着景观多样性指数的增加,景观结构组成的复杂性也趋于增加。多样性指数计算公式为<sup>[16]</sup>:

$$I_{SHD} = - \sum_{i=1}^n R_i \times \log_2 R_i \quad (5)$$

式中:  $I_{SHD}$ ——多样性指数;  $R_i$ ——斑块  $i$  占总面积的比例。

2.3.5 景观破碎度指数 景观破碎度表示景观的破碎化程度。破碎化指数取值在 0~1,取值为 0 表示无破碎化,1 表示已完全破碎。景观破碎化指数为:

$$F_{N_i} = N_i / A_i \quad (6)$$

式中:  $F_{N_i}$  ——第  $i$  类景观破碎化指数;  $A_i$  ——第  $i$  类斑块的总面积;  $N_i$  ——第  $i$  类斑块个数。

2.3.6 景观优势度指数 景观优势度反映斑块在景观中占有的地位。优势度指数越大,表明组成景观各景观类型所占比例差异大;优势度小则表明组成景观的各种景观类型所占比例差异小,优势度为0则组成景观各种景观类型所占比例相等。优势度指数计算公式为<sup>[16]</sup>:

$$D = H_{\max} + \sum_{i=1}^n R_i \times \log_2 R_i \quad (7)$$

式中:  $H_{\max}$  ——最大多样性指数;  $R_i$  ——斑块  $i$  占总面积的比例。

2.3.7 蔓延度指数 景观蔓延度反映景观中不同景观类型在空间上的聚集程度,其值大,表明景观中以少数大斑块为主或统一类型斑块高度连接;反之,景观由许多离散的小斑块组成。计算公式为<sup>[16]</sup>:

$$T_{\text{CON}} = 1 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \frac{P_{ij} \ln P_{ij}}{2 \ln m} \times 100 \quad (8)$$

式中:  $T_{\text{CON}}$  ——蔓延度指数;  $m$  ——斑块总数;  $P_{ij}$  ——景观类型  $i$  和  $j$  相邻的概率,可由  $p_{ij} = E_{ij} / L$  估算<sup>[17]</sup>;  $E_{ij}$  ——相邻类型  $i$  和  $j$  之间共同边界长度,  $L$  ——景观类型边界总长度。

2.3.7 景观格局变化指数 为了评价整个景观格局变化,采用美国环保局提出的景观格局变化评价方法,选用蔓延度、分维度和优势度3个指数来综合反映整个研究区景观格局的变化。为了使3个指数对景观格局变化具有相同的贡献率,分别对3个指数进行标准化处理,并利用三维的欧氏距离来计算景观格局的变化<sup>[18]</sup>,其计算公式如下:

$$L_c = \{ (C_1 - C_2)^2 + (F_1 - F_2)^2 + (D_1 - D_2)^2 \}^{1/2} \quad (9)$$

式中:  $L_c$  ——景观格局变化指数;  $C_1, C_2, F_1, F_2, D_1, D_2$  ——变化前后蔓延度、分维度和优势度。

## 3 结果分析

### 3.1 陕北农牧交错带景观多样性分析

景观多样性主要研究组成景观的斑块数量、大小、形状和景观的类型、分布及其斑块间的连通性。因此,描述景观斑块的组合结构特征,可以定量地描述和监测景观结构特征随时间的变化。运用公式(1) —(4)对陕北农牧交错带景观多样性进行研究,结果如图1。1986—2000年研究区景观斑块总数增加了19388块,斑块平均面积减少了629.029 hm<sup>2</sup>,斑块平均周长减少了2.65 km。

由图1可见,1986—2000年,景观斑块总体变化较大。景观斑块的平均面积和平均周长变化相似;景观斑块的平均斑块分维数和平均形状指数变化趋势基本一致。

从各景观类型的斑块指数来看,耕地、草地和沙地的平均斑块面积呈减小的趋势(图1a),平均斑块面积分别减小了293.83 hm<sup>2</sup>,138.22 hm<sup>2</sup>和224.93 hm<sup>2</sup>。林地、建设用地和未利用土地斑块平均面积先增大后减小,而水域则呈增加的趋势。

与景观斑块平均变化面积变化相似,平均周长的变化较为复杂(图1b)。耕地的平均周长增大了3.13 km,林地、草地、未利用土地与沙地斑块平均面积和平均周长总体上略有下降,建设用地与水域斑块平均周长有所增加。耕地的斑块平均面积减小而平均周长增大,表明耕地景观在空间分布上的离散程度增大,表现出碎化特征;林地、草地、建设用地的变化表明这些景观类型在空间的分布呈集中性趋势;而沙地和平均面积以及平均周长的减小表明沙地景观在空间分布上广度减小。总体上看,耕地和沙地景观斑块的平均面积和平均周长最大,说明耕地和沙地是该区的主要景观类型。

由图1c和图1d可见,研究区斑块分维数指数和形状指数变化一致,除建设用地与水域的分维数和平均形状指数略有减小外,其余景观类型斑块的平均分维数和平均形状指数都有不同程度增大,说明这些景观受干扰的程度增大,景观斑块形状复杂,变得极不规则。

### 3.2 景观异质性分析

景观异质性是指景观的变异程度,主要从侧面描述景观的动态变异程度。由公式(5) —(8)计算结果发现,陕北农牧交错带不同时期景观异质性差异明显(表2)。

(1) 景观多样性增加。1986—2000年,整个景观优势度指数呈逐渐减小的趋势,特别是1986—1993年,优势度减小的幅度较大,减小了0.06,表明优势景观类型的分额减小,单一景观或少数几种景观类型占主导地位的作用降低,组成景观各类型所占比例差异减小。这主要是由于耕地在景观类型中所占比重减小,林地和草地所占比例提高,导致对景观的控制作用增强。而且1986—2000年多样性指数呈增加的趋势,表明各景观类型分布不均,景观斑块数量增大,单个景观斑块面积减小,景观类型组成复杂程度增大。优势度减小,多样性增大的趋势在一定程度上表明陕北农牧交错带正从单一景观向多样化景观过渡。

(2) 景观破碎化程度增大。从 1986—2000 年, 研究区景观破碎化指数增加了 0.5, 景观破碎化程度提高, 少数大斑块瓦解, 小斑块数量增多, 景观变得破碎化。以 1993—2000 年破碎化程度增加的幅度最大, 增加了近 0.4, 破碎化程度加剧。

这主要是 20 世纪 90 年代中后期, 该区大力实施

了退耕还林还草工程, 加大了沙漠治理的力度, 耕地退耕还林, 沙地治理为林地和草地, 耕地和沙地的连通性降低; 加之, 经济的发展和人口的增长, 由于人类活动作用加大, 使景观形状变得较为复杂, 同类斑块间离散程度增大, 进一步反应了斑块间的破碎程度增大。

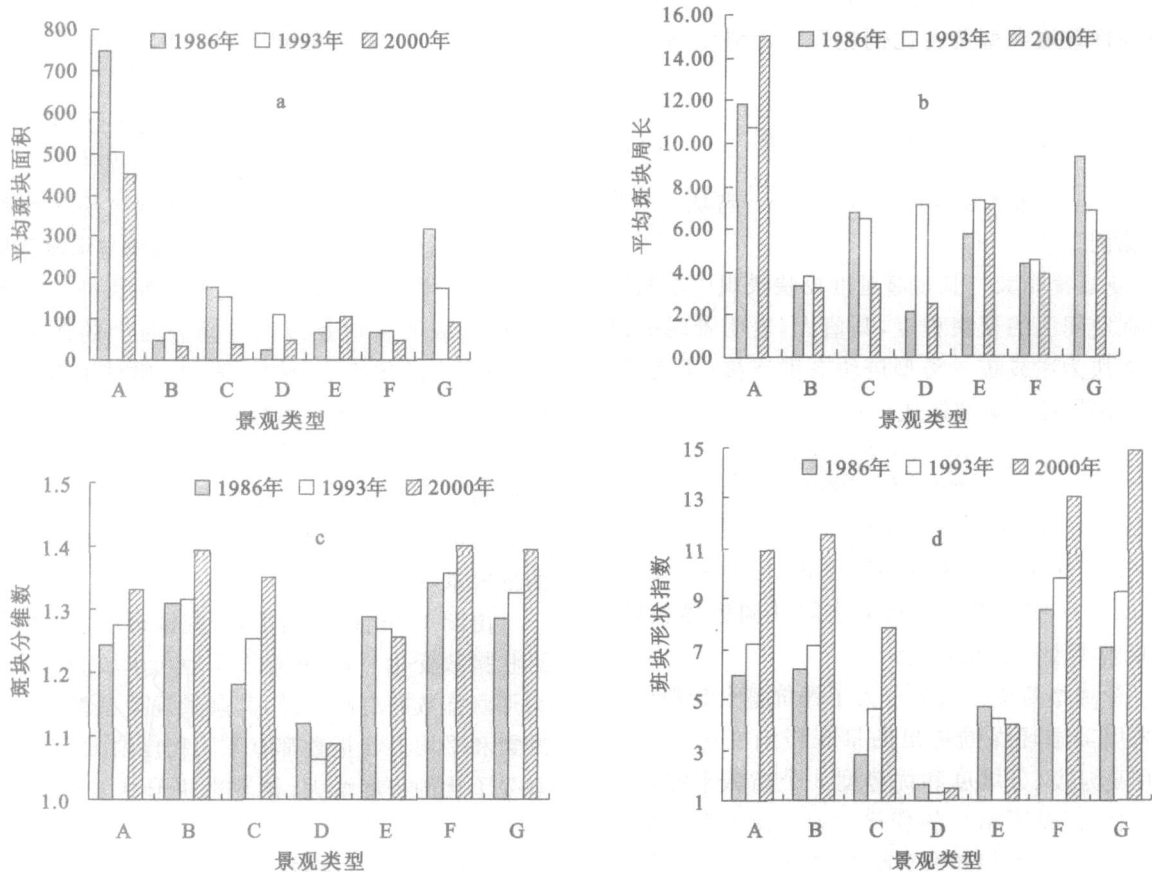


图 1 陕北农牧交错带 1986—2000 年景观类型斑块特征变化  
A 耕地; B 林地; C 草地; D 建设用地; E 水域; F 未利用土地; G 沙地

表 2 不同时期景观优势度、蔓延度、多样性指数和破碎度

年份	优势度	多样性指数	破碎度	蔓延度
1986	0.976 4	0.934 6	0.388 3	60.465 7
1993	0.915 2	1.108 4	0.534 4	61.637 5
2000	0.914 0	1.114 3	0.921 4	59.673 9

### 3.3 整个景观格局的变化

由公式(9)计算结果表明, 陕北农牧交错带整个景观格局指数逐渐变大, 景观类型在空间上呈多样性分布。

1986—1993 年间整个景观格局变化指数为 0.158, 1993—2000 年间为 0.388, 1986—2000 年间整个景观的变化则为 0.567, 两个时段内的变化均小于整个研究期内的变化, 表明 2 个时段内整个景观格

局变化的方向相同。而景观蔓延度指数先增大再减小(表 2), 说明景观斑块间的离散性增大, 反映了景观破碎化的空间特征。

## 4 结论

(1) 1986—2000 年, 陕北农牧交错带景观斑块总数增加, 平均斑块面积和平均斑块周长减小; 除建设用地与水域的分维数和平均形状指数略有减小外,

耕地、林地、草地、未利用土地和沙地景观类型斑块的平均分维数和平均形状指数都有不同程度增大,景观斑块形状变得极不规则。

(2) 1986—2000年,陕北农牧交错带景观类型正从单一景观向多样化景观过渡,景观斑块数量增大,景观斑块之间连通性降低,离散程度增大,单个景观斑块面积减小,景观类型在空间上呈离散性分布趋势,景观类型组成复杂程度增大。主要是由于耕地退耕还林还草和沙地经治理转化为林地和草地;同时,该区人口的增长和能源、工矿企业的增加,对建设用地的需求增加,建设用地斑块数量增加,面积增大,减小了耕地和沙地在景观中的比重。

(3) 景观破碎化程度增大,少数大斑块瓦解,小斑块数量增多,同类斑块间离散程度增大。

(4) 陕北农牧交错带整个景观格局指数逐渐变大,景观类型在空间上呈多样性分布。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553 - 558.
- [2] Paruelo J M, Burke I C, Lauenroth W K. Land use impact on ecosystem functioning in eastern Colorado, USA [J]. *Global Change Biology*, 2001, 7: 631—639.
- [3] Turne B L, Skole D, Sanderson S, et al. Land use and land-cover change Science/ Research plan[R]. IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7. Stockholm: IGBP, 1995.
- [4] 莫宏伟,任志远,谢红霞. 风沙过渡区土地利用动态与生态效应变化分析[J]. 生态学杂志, 2005, 24(6): 619—622.
- [5] 柳长顺,齐实,史明昌. 土地利用变化与土壤侵蚀关系的研究进展[J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 10—14.
- [6] Fu B J, Ma K M, Zhou H F, et al. The effect of land use structure on the distribution of soil nutrients in the hilly area of the Loess Plateau, China[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(8): 732—736.
- [7] 高俊峰, 闻余华. 太湖流域土地利用变化对流域产水量的影响[J]. 地理学报, 2002, 57(2): 194—200.
- [8] 崔海山, 张柏, 刘湘南. 松原市沙区土地利用变化及其对土地沙化的影响研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(4): 66—69.
- [9] 温仲明, 焦峰, 张晓萍. 纸坊沟流域近60年来土地利用景观变化的环境效应[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 1904—1909.
- [10] 杨述河, 闫海利, 郭丽英. 北方农牧交错带土地利用变化及其生态环境效应——以陕北榆林市为例[J]. 地理科学进展, 2004, 24(6): 49—55.
- [11] 莫宏伟, 任志远, 谢红霞. 榆阳区土地利用和生态效应变化分析[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2005, 33(1): 110—114.
- [12] 王晓峰, 任志远, 莫宏伟. 陕北长城沿线地区土地利用驱动力分析[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(4): 82—85.
- [13] 薛娴, 王涛, 吴薇. 中国北方农牧交错区沙漠化发展过程及其成因分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(3): 320—328.
- [14] 甘红, 刘彦随, 王静. 中国北方农牧交错区土地利用类型转换驱动因子分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 113—116.
- [15] 刘茂松, 张明娟. 景观生态学——原理与方法[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004. 59—76.
- [16] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004. 100—109.
- [17] 胡震峰. 土地利用与景观格局动态变化研究[J]. 科技情报开发与经济, 2003, 13(12): 143—145.
- [18] 杨晓晖, 张克斌, 慈龙骏. 干旱农牧交错区近20年来景观格局时空变化分析——以内蒙古伊金霍洛旗为例[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(5): 81—86.