

# 宁夏中部干旱带土地利用变化及驱动力分析

贾科利<sup>1</sup>, 张俊华<sup>2</sup>

(1. 宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021; 2. 宁夏大学 新技术应用研究开发中心, 银川 750021)

**摘要:**利用 1978 年 MSS、1987 年、1996 年及 2007 年 TM 遥感影像,借助遥感和 GIS 技术及相关分析、主成分分析方法,对宁夏中部干旱带 1978—2007 年土地利用变化及驱动力进行了分析。结果表明:1978—2007 年耕地、城镇用地面积快速增加,沙地面积减少了 281 682 hm<sup>2</sup>。草地以年均 0.17% 的速率不断增加,林地面积减少了近 3 万 hm<sup>2</sup>。土地利用系统无序化程度增加,土地利用利用结构复杂性和多样性增大。人口、经济、产业结构、农业生产、投入、富裕程度、政策和自然因素是驱动研究区土地利用变化的主要因素,其中,人口作为社会经济活动的主体,对土地利用变化起着推动作用。

**关键词:**土地利用; 驱动力; 信息熵; 变化趋势; 宁夏中部干旱带

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0062-05

## Analysis on Land Use Change and Its Driving Forces in Arid Area of Central Ningxia Hui Autonomous Region

JIA Ke-li<sup>1</sup>, ZHANG Jun-hua<sup>2</sup>

(1. School of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. The Applied Research and Development Center For New Technology, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

**Abstract:** By using data derived from the 1978 MSS image and 1987, 1996, 2007 Landsat TM/ETM images and with the help of GIS, the land use change in arid area of central Ningxia Hui Autonomous Region was analyzed. At the same time, the driving forces of the land use change was identified by making use of the correlation analysis and principal component. The results showed that the overall trend of land use change in arid area of central Ningxia Hui Autonomous Region was in an enlargement of the areas of cultivated land, urban land, whereas sandy land area decreased 281 682 hm<sup>2</sup>, an average annual increase rate grassland area was 0.17%, and area of forest land reduced nearly 30 000 hm<sup>2</sup> over 30 years. The land use information entropy indicating that the degree of disorder for land use system increased, and the structure of land use became complexity and diversity. It was considered that population, economic, regional socio-economic development degree, industrial structure, agricultural production, socio-input, government policy, and natural factors are the main driving forces inducing land use change in arid area of central Ningxia Hui Autonomous Region. More importantly, the principal component analysis showed that the impacts of human activity combining with some other conditions were the leading factors that induced dynamic change of the land use.

**Key words:** land use; driving force; information entropy; changing trend; arid area of central Ningxia Hui Autonomous Region

土地利用驱动力研究对解释 LUCC 时空变化和预测模型建立起到关键作用,被认为是土地利用/覆被变化(LUCC)研究的焦点问题<sup>[1-3]</sup>。目前,国内外驱动力研究更多地从人口、经济、技术和政策等方面揭示由于人为驱动引起的土地利用变化<sup>[4-12]</sup>,自然驱

动力因相对稳定研究较少。宁夏中部干旱带处于荒漠草原和干草原的过渡带,东西两边处在毛乌素沙地和腾格里沙漠边缘,自然地理位置独特,决定了其自然地理环境具有明显的过渡性、干旱性、多样性及脆弱性等特点。这使得在生态脆弱地区,自然因素特别

是气候因素对区域土地利用变化具有重要的影响作用。因此,本文以宁夏中部干旱带为研究区,应用定量方法,探讨自然因素和人类活动在土地利用变化中的耦合效应,为揭示土地利用变化的自然、社会驱动因子提供一个案例。

1 研究区概况

宁夏中部干旱带地处宁夏回族自治区中部(104°17′—107°39′E,36°54′—38°23′N),包括中卫市沙坡头区、中宁县、吴忠利通区、红寺堡开发区、灵武市、盐池县、同心县北部等。土地总面积 253.7 万 hm<sup>2</sup>,平均海拔 1 100~1 600 m,处于毛乌素沙地和腾格里沙漠的边缘,为典型的荒漠草原带。在地质构造上属于鄂尔多斯台地,是我国北方农区与天然草地牧区接壤的过渡地带。

该区属中温带半干旱区,年均温 10.4℃,年均降水量 126~225 mm,干旱少雨、风大沙多、日照充足、蒸发强烈,干旱、冰雹、沙尘、霜冻等灾害性天气比较频繁。土壤以灰钙土为主,结构松散沙性大。由于降水不足,多大风和沙暴天气,风蚀和风沙危害严重,生态环境极其脆弱。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源与数据处理

土地利用数据以 1978 年 MSS,1987 年、1996 年和 2007 年 TM/ETM 遥感影像为基本信息源,由国家科技基础条件平台建设项目地球系统科学数据共享网(www.geodata.cn)提供。所选影像成像时间均在 7—8 月,已经过辐射校正和几何粗校正。以宁夏回族自治区 1:25 万地形图为参照,并对照 4 期图像选取控制点,采用多项式变换模型,在 ERDAS 8.7 软件中进行几何精校正、镶嵌、拼接、分割和融合处理,结合野外调查资料,建立解译标志,通过人机交互

方式解译出不同时期土地利用现状图。对解译结果经精度评价,综合分类精度均达到 89%以上,符合精度要求。由于各期数据具有相同的数据基础及分类系统,分类结果具有可比性,可以进行土地利用变化时空分析。自然、社会经济方面的数据源自 1980—2008 年宁夏统计年鉴。

土地利用分类主要依据土地利用方式和土地覆盖特征,参照《土地利用现状调查技术规程》,把宁夏中部干旱带土地利用类型划分为 6 个一级类型,20 个二级类型。一级类型即耕地、林地、草地、城镇用地、水域和未利用土地。图像分类和数据分析除沙地按二级类型单独统计分析外,其它类型按二级类型统计,一级类型汇总。

2.2 分析方法

2.2.1 土地利用信息熵 土地利用信息熵的大小反映了土地利用系统的有序程度,土地利用信息熵值越大,不同土地利用类型越多,面积相差越小,结构越均衡。计算公式为<sup>[13]</sup>:

$$H=-\sum_{i=1}^n P_i \times \ln P_i \quad (1)$$

式中:H——土地利用信息熵; $P_i$ ——第*i*类土地类型面积占总面积的比重。

2.2.2 土地利用变化机制分析 土地利用变化机制分析采用相关分析、主成分分析法,在 SPSS 13.0 软件中完成。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

从表 1 可以看出,研究区耕地、草地、未利用土地和沙地面积较大,占总面积的 86%以上。其中沙地、耕地和草地面积始终占有较大比重,分别占总面积的 16.5%,27.7%,24.7%上,体现了研究区是典型的荒漠景观下的农牧交错区。

表 1 1978—2007 年宁夏中部干旱带土地利用类型面积及变化幅度

土地利用 类型	面积/hm <sup>2</sup>				变化幅度/%		
	1978 年	1987 年	1996 年	2007 年	1978—1987 年	1987—1996 年	1996—2007 年
耕地	474529.21	509832.78	651262.56	703667.45	7.44	27.74	8.05
林地	96677.80	62218.33	82356.28	65302.26	-35.64	32.37	-20.71
草地	638546.56	577140.28	616251.58	626624.13	-9.62	6.78	1.68
城镇用地	13370.02	14104.00	58241.91	246147.43	5.49	312.95	322.63
水域	36933.96	32177.63	45498.98	31198.37	-12.88	41.40	-31.43
未利用土地	577170.84	783260.33	587711.97	445970.82	35.71	-24.97	-24.12
沙地	699771.59	558266.61	495676.72	418089.56	-20.22	-11.21	-15.65

(1)耕地、城镇用地面积快速增加,沙地面积稳步减少。1978—2007 年耕地和城镇用地面积分别增加

了 229 138.2 hm<sup>2</sup>,232 777.4 hm<sup>2</sup>,沙地面积减少了 281 682 hm<sup>2</sup>。从增幅看,耕地在 1987—1996 年快速

增加,增幅达 27.74%,城镇用地在 1987 年后呈急剧增加态势,增幅超过了 300%。

(2)草地面积呈先减少后增加态势,近 30 a 面积减少了 11 922.4 hm<sup>2</sup>。其中在 1987—1996 年增幅较大,而后增幅减小,但仍以年均 0.17% 的速率不断增加。尽管林地面积在 1987—1996 年以超过 3% 的速率增加,但总体上呈减少趋势,30 a 来面积减少了近 3 万 hm<sup>2</sup>。

(3)水体和未利用土地面积呈减少态势。未利用土地在 1987—2007 年平均以近 22% 的幅度减少,面积减少了 131 200 hm<sup>2</sup>;水体则以近 15% 的幅度面积不断减少。

### 3.2 土地利用信息熵变化

利用研究区 1978—2007 年各期土地利用数据,依据公式(1)计算土地利用信息熵,结果见图 1。由图 1 可见,1978—2007 年研究区土地利用信息熵呈先减小后增加态势,但在不同时期增减幅度差异较大。1978—1987 年,土地利用信息熵由 1.76 减小到 1.69,10 a 间减少了 0.07。表明土地利用系统有序程度上升,土地利用结构的复杂性和多样性降低。随着土地开发程度增加,土地利用信息熵从 1987—1996 年增加了 0.22,增幅 13.02%;1996—2007 年增加了 0.1,增幅 5.24%。表明研究区土地利用系统无序化程度增加,各类土地利用面积差异程度减小,土地利用结构复杂性和多样性增大。

总体上 1978—2007 年土地利用信息熵增幅为 14.2%,土地利用结构复杂性和多样性增大。尽管土地利用类型没有变化,但耕地、草地和城镇用地面积大幅增加,而林地、水域、未利用土地和沙地面积减少,使各土地利用面积的均衡性逐渐增强,各类型土地利用面积空间分布的均匀程度提高。这也体现了研究区重抓生态建设,又兼顾农牧发展的理念。

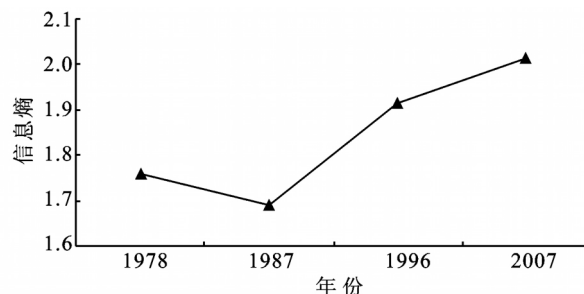


图 1 研究区土地利用信息熵变化

### 3.3 土地利用变化驱动力分析

为较全面揭示研究区土地利用变化的驱动力,选取 25 项指标(表 2)。气候因素代表了自然因素对土地利用变化的影响,人口、经济、产业结构、投入、富裕程度、农业生产、政策等因素体现了人文社会经济因素引起的土地资源开发利用规模和强度变化。对分析数据进行汇总后,在 SPSS 软件中对原始数据进行标准化处理,然后对各土地利用类型面积与这些变量进行相关分析(表 3)。对通过相关分析的因子进行主成分分析,结果见表 4、表 5。

表 2 土地利用变化驱动力指标

因素	指标
气候因素	年均温( $X_1$ )、年均降水量( $X_2$ )、年均风速( $X_3$ )
人口因素	年末总人口( $X_4$ )
经济因素	GDP( $X_5$ )、工业总产值( $X_6$ )、农业总产值( $X_7$ )
产业结构因素	一产占 GDP 比重( $X_8$ )、二产占 GDP 比重( $X_9$ )、三产占 GDP 比重( $X_{10}$ )、牧业产值( $X_{11}$ )、林业产值( $X_{12}$ )
农业生产因素	粮食播种面积( $X_{13}$ )、粮食总产量( $X_{14}$ )、大牲畜存栏数( $X_{15}$ )
投入因素	社会总投资( $X_{16}$ )、农田水利建设投资( $X_{17}$ )、农业机械总动力( $X_{18}$ )、化肥施用量( $X_{19}$ )
富裕程度	人均 GDP( $X_{20}$ )、农民人均年收入( $X_{21}$ )、人均粮食占有量( $X_{22}$ )、人均居住面积( $X_{23}$ )
政策因素	造林面积( $X_{24}$ )、封育面积( $X_{25}$ )
土地利用变化指标	耕地变化( $Y_1$ )、林地变化( $Y_2$ )、草地变化( $Y_3$ )、建设用地变化( $Y_4$ )、水域( $Y_5$ )、未利用土地( $Y_6$ )、沙地( $Y_7$ )

由表 3 可知,年均风速、总人口、农业总产值、牧业产值、粮食总产量、化肥施用量、农民人均年收入、人均粮食占有量、人均居住面积、造林面积与耕地面积变化具有较高的相关性,表明这些因子是影响耕地变化的主要因子。林地变化主要受林业产值和造林面积影响。牧业产值、大牲畜存栏数、封育面积等因子对草地面积的变化具有较大贡献。GDP、工业总产值、农业总产值、一产占 GDP 比重、社会总投资、农田

水利建设投资、农业机械总动力、人均 GDP、农民人均年收入等因子与建设用地呈较好的正相关,对建设用地面积的增加有较大贡献。水域面积变化与降水量相关;未利用土地与风速、粮食播种面积相关。沙地面积的减少与总人口、粮食总产量、人均粮食占有量、人均居住面积、造林面积呈显著负相关。实际上,土地利用变化不是由一种或几种因子引起的,而是这些因子的共同耦合影响了整个区域的土地利用变化。

表 3 土地利用类型与各指标相关性分析

指标	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用土地	沙地
$x_1$	—	—	—	—	—	—	—
$x_2$	—	—	—	—	0.963*	—	—
$x_3$	-0.932*	—	—	—	—	0.896*	—
$x_4$	0.969*	—	—	—	—	—	-0.982**
$x_5$	—	—	—	0.996**	—	—	—
$x_6$	—	—	—	0.992**	—	—	—
$x_7$	0.940*	—	—	0.973*	—	—	—
$x_8$	—	—	—	0.982*	—	—	—
$x_9$	—	—	—	—	—	—	—
$x_{10}$	—	—	—	—	—	—	—
$x_{11}$	0.901*	—	0.706*	—	—	—	—
$x_{12}$	—	0.882*	—	—	—	—	—
$x_{13}$	—	—	—	—	—	-0.992*	—
$x_{14}$	0.992**	—	—	—	—	—	-0.966*
$x_{15}$	—	—	-0.826*	—	—	—	—
$x_{16}$	—	—	—	0.996**	—	—	—
$x_{17}$	—	—	—	0.996**	—	—	—
$x_{18}$	—	—	—	0.986*	—	—	—
$x_{19}$	0.988**	—	—	—	—	—	—
$x_{20}$	—	—	—	0.999**	—	—	—
$x_{21}$	0.910*	—	—	0.987*	—	—	—
$x_{22}$	0.978*	—	—	—	—	—	-0.964*
$x_{23}$	0.951*	—	—	—	—	—	-0.965*
$x_{24}$	0.921*	0.738*	—	—	—	—	-0.961*
$x_{25}$	—	—	0.986*	—	—	—	—

注：\*\*表示在 0.01 水平显著相关；\*表示在 0.05 水平显著相关。

主成分分析结果共筛选了三个主成分(表 4)，累积贡献率为 87.44%，符合分析要求。由表 5 主成分载荷表明，第一主成分与年末总人口、GDP、工业产值、农业总产值、粮食总产量、大牲畜存栏数、社会总投资、农田水利建设投资、农业机械总动力、化肥使用量、人均 GDP、农民人均年收入、人均粮食占有量、人均居住面积等指标具有显著的正相关，而与一产占 GDP 比重呈显著负相关，相关系数达 0.8 以上，反映出人口、经济、产业结构、农业生产、投入、富裕程度等因素与土地利用变化密切相关。第二主成分仅与封育面积有较大关系，体现了政策因素对土地利用变化的影响。第三主成分与年均风速有较强的负相关，反映了自然因素对用地结构变化的影响。

表 4 特征值及主成分贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	16.625	75.569	75.569
2	1.404	6.380	81.949
3	1.208	5.490	87.440

表 5 旋转后主成分载荷

变量	第一主成分	第二主成分	第三主成分
年均降水量	-0.457	0.353	0.530
年均风速	0.100	0.349	-0.853
年末总人口	0.954	-0.246	-0.037
GDP	0.970	0.115	0.014
工业产值	0.947	0.137	0.008
农业总产值	0.976	-0.070	-0.046
一产占 GDP 比重	-0.868	0.167	-0.017
牧业产值	0.993	0.037	0.025
林业产值	0.930	0.178	0.156
粮食播种面积	0.647	-0.128	0.250
粮食总产量	0.918	-0.290	-0.062
大牲畜存栏数	0.896	0.243	-0.047
社会总投资	0.943	0.210	0.015
农田水利建设投资	0.943	0.210	0.015
农业机械总动力	0.997	-0.009	0.010
化肥使用量	0.951	-0.250	0.001
人均 GDP	0.978	0.086	0.012
农民人均年收入	0.993	-0.010	0.009
人均粮食占有量	0.829	-0.379	-0.105
人均居住面积	0.947	-0.213	-0.020
造林面积	0.681	0.219	0.298
封育面积	0.609	0.667	-0.031

由以上分析可以看出,人口、经济、产业结构、农业生产、投入、富裕程度、政策和自然因素是驱动研究区土地利用变化的主要因素。其中,人口作为社会经济活动的主体,对土地利用变化起着推动作用。并且,研究区处于生态脆弱区,在自然的作用下,一方面人类活动使土地生产力降低和环境退化,造成土地利用属性丧失,迫使人们改变土地利用类型;另一方面,随着社会经济水平提高,人们开始追求环境质量改善,于是土地利用的环境效益受到重视,以改善和恢复生态环境为目的的土地利用变化主要受到政策、技术手段、投入等因素的影响。

## 4 结论

(1)研究区耕地、草地、未利用土地和沙地面积较大,占总面积的 86% 以上。1978—2007 年耕地、城镇用地面积快速增加,其中城镇用地增加最为剧烈;沙地面积减少了 281 682 hm<sup>2</sup>。草地以年均 0.17% 的速率不断增加,林地面积减少了近 3 万 hm<sup>2</sup>,水体和未利用土地面积呈减少态势。

(2) 1978—2007 年土地利用信息熵增幅为 14.2%,土地利用系统无序化程度增加,各类土地利用面积分布的均匀程度提高,土地利用结构复杂性和多样性增大。

(3)通过相关分析和主成分分析表明,人口、经济、产业结构、农业生产、投入、富裕程度、政策和自然因素是驱动研究区土地利用变化的主要因素。其中,人口作为社会经济活动的主体,对土地利用变化起着推动作用。

### 参考文献:

- [1] Lambin E F, Geist H J. Global land-use/land-cover changes: what have we learned so far[J]. IGBP Global Change Newsletter, 2001, 46: 27-30.
- [2] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global consequences of land use[J]. Science, 2005, 309: 570-574.
- [3] Zhou D C, Luo G P, Lu L. Processes and trends of the land use change in Aksu watershed in the central Asia from 1960 to 2008[J]. Journal of Arid Land, 2010, 2(3): 157-166.
- [4] 刘纪远, 张增祥, 徐新良, 等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报, 2009, 64(12): 1411-1420.
- [5] Bayarsaikhan U, Boldgiv B, Kim K R, et al. Change detection and classification of land cover at Hustai National Park in Mongolia [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2009, 11: 273-280.
- [6] 谢叶伟, 刘兆刚, 赵军, 等. 基于 RS 与 GIS 的典型黑土区土地利用变化分析: 以海伦市为例[J]. 地理科学, 2010, 30(3): 428-434.
- [7] 关伟, 王雪. 大连市土地利用变化的人文因素[J]. 地理研究, 2009, 28(4): 990-1000.
- [8] 陈忠升, 陈亚宁, 李卫红. 新疆和田河流域土地利用/覆被变化及其驱动力分析[J]. 中国沙漠, 2010, 30(2): 326-333.
- [9] 陈海素, 伍世代. 福清市土地利用动态变化及其驱动力分析[J]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2008, 29(1): 91-96.
- [10] 王伟武, 金建伟, 肖作鹏, 等. 近 18 年来杭州城市用地扩展特征及其驱动机制[J]. 地理研究, 2009, 28(3): 685-695.
- [11] 韩书成, 濮励杰, 严祥, 等. 区域土地利用与经济社会变化的耦合性空间分异: 以江苏省为例[J]. 宁夏大学学报: 自然科学版, 2009, 30(2): 183-188.
- [12] 周庆, 张志明, 欧晓昆, 等. 漫湾水电站库区土地利用变化社会经济因子的多变量分析[J]. 生态学报, 2010, 30(1): 165-173.
- [13] 王宗明, 张柏, 黄素军, 等. 基于 GIS 和信息熵的松嫩平原土地利用结构演化分析: 兼论系统无序度、复杂性与多样性[J]. 农业系统科学与综合研究, 2005, 21(3): 196-200.