

陇南山地土地利用结构动态演变分析

吴燕芳, 石培基, 刘宁宁

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070)

摘 要: 以土地利用变更调查数据为基础, 借助信息熵原理分析了陇南市 1996–2008 年土地利用结构的时间演变规律及空间差异特征。结果表明: 研究区土地利用结构信息熵经历了 3 个发展阶段: 即缓慢增长期、显著下降期和快速回升期, 熵值在波动中趋于降低, 土地利用系统向低水平的有序状态发展。信息熵的区域差异显著, 且变化趋势各异, 除武都区与两当县的土地利用系统趋于稳定外, 其余各县尚处于显著变化中。

关键词: 土地利用结构; 动态变化; 信息熵; 陇南市

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0133-05

Analysis on Dynamic Evolution of Land Use Structure in Mountain Area of Longnan

WU Yan-fang, SHI Pei-ji, LIU Ning-ning

(College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Based on the data of land use change, the temporal evolution and spatial difference of land use structure was analyzed with information entropy theory in mountain area of Longnan from 1996 to 2008. The results showed that the information entropy of land use structure in study area had gone through three development stages: slow growth phase, significant decline phase and rapid recovery phase, the overall entropy presented decline trend, and its land use system tended to become low level ordered state. The regional entropy was significantly different, also their changing trends were varied. Except Wudu District and Liangdang county, whose land use systems tend to stabilization, others are still remaining in a significant change states.

Key words: land use structure; dynamic evolution; information entropy; Longnan city

研究土地利用的空间结构特征及其时间变化是研究一个地区自然、资源条件和社会经济发展区域结构及其优化配置的重要途径之一, 对区域产业布局、土地的合理利用具有重要的指导意义^[1-2]。土地本身是一个具有耗散结构的自然历史综合体, 具有结构和功能的有序性特征, 因此土地利用系统的有序程度可以用信息熵来描述和刻画^[3]。国内已有不少学者借助该理论就不同尺度不同特点的研究区做了分析与探讨^[3-9], 但对山地地形为主的经济欠发达地区的研究甚少。陇南山区地形复杂, 地势高差悬殊, 气候类型多样, 土地利用结构特殊, 分析并探讨该区域土地利用结构的动态演变特征, 对于促进山地区土地资源的合理配置和有效利用, 推动土地资源的可持续利用和有效保护有着积极的促进作用, 同时也为该市新一轮土地利用总体规划提供理论依据。

1 研究区概况、资料与方法

1.1 研究区概况

陇南市地处甘肃省南陲, 东连陕西, 南接四川, 西邻甘南州, 北依天水市与定西市, 素有“秦陇锁月, 巴蜀咽喉”之誉。位于东经 $104^{\circ}01'19''$ – $106^{\circ}35'20''$ 、北纬 $32^{\circ}35'43''$ – $34^{\circ}32'00''$ 之间, 总面积 2.79 万 km^2 。地形似枫叶状, 地势西北高东南低, 是甘肃省唯一属于长江水系的地区。境内山高坡陡, 交通不便, 气候类型多样, 森林覆盖率高, 生物多样性丰富。年平均气温 $5\sim 16^{\circ}\text{C}$, 降水量 $400\sim 1\,000$ mm。现辖 1 区 8 县, 195 个乡镇, 3 237 个行政村。2008 年末总人口为 261.79 万人, 国内生产总值达 121.6 亿元, 人均生产总值 4 396 元。

1.2 资料与方法

研究所用基础数据为陇南市国土资源局提供的

收稿日期: 2010-05-19

资助项目: 2008 年度国家社会科学基金项目(08AMZ003); 西北师范大学三期“知识与科技创新工程”项目(NWNU-KJCXGG-03-20)

作者简介: 吴燕芳(1985–)女, 甘肃白银人, 硕士研究生, 主要从事城市与区域发展规划方面的研究。E-mail: wuyanfang.0943@163.com

陇南市 1996– 2008 年土地利用变更调查数据。借助信息熵和均衡度函数对陇南市土地利用结构的时间演变及空间差异进行对比分析。

1.3 土地利用分类系统

以《全国土地分类(过渡期间使用)》分类系统为基础,以保证数据完整性及时间序列可比性为原则,结合研究区土地利用现状特征,将该区土地利用类型划分为耕地、园地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域及未利用土地 8 大类。

2 陇南市土地利用结构的数量及速度变化

区域土地利用的结构变化首先表现在不同土地类型的面积变化上,通过分析土地利用类型的总量变化,可直观反映土地利用结构变化的发展趋势及特点。由表 1 可知,研究区 13 a 来面积呈增加趋势的地类为园地、林地、居民点工矿与交通用地;总量下降的地类为耕地、牧草地、水域和未利用地。数量变化最显著的地类是耕地和林地,其变化量分别占总变化

量的 41.54%和 39.90%,耕地的减少量与林地的增加量相当。受山地地形的影响,全市位于退耕还林范围内的耕地面积巨大,近年来退耕还林绩效突出,使得大量的耕地转为了林地。其次是园地与未利用地,分别占总变化量的 6.94%和 5.59%,主要是由农业结构的调整和未利用地利用率的提高引起的。其余地类的变化均偏小。由此可见,全市土地利用的数量变化以农用地为主,变化量比重高达 90.33%。因此,该区土地利用变化的主导方向是农业结构的调整。

从各土地利用类型的年变化率可以看出,该区十多年来土地利用结构的变化速度较慢,年均变化率达 0.340%,其中以园地的增长最为显著;其次是居民点工矿用地和耕地;这是特色产业和城镇化快速发展的结果。林地因其总量较大,变化部分所占比例偏小,故变化率偏小;牧草地及未利用地下降速度较缓,主要由于其大多分布于坡度过高或受地质灾害威胁的地区,开发利用难度偏大。水域用地下降速度较快,区域生态环境趋于恶化。

表 1 陇南市土地利用变化量与年变化率

土地利用类型	面积/hm ²		1996– 2008 年变化	土地利用年
	1996 年	2008 年	面积/hm ²	变化率
耕地	570194.82	549453.81	– 20741.01	– 0.303
园地	16867.22	20332.30	3465.08	1.712
林地	1364580.61	1384502.68	19922.07	0.122
牧草地	418330.29	417362.93	– 967.36	– 0.019
居民点及工矿用地	40171.51	41655.89	1484.38	0.308
交通用地	12079.26	12170.21	90.95	0.063
水域	31738.66	31270.45	– 462.21	– 0.121
未利用地	331707.11	328915.21	– 2791.90	– 0.070

数据来源: 陇南市 1996– 2008 年土地利用变更数据。

3 陇南市土地利用结构的信息熵分析

3.1 信息熵、均衡度

土地利用结构信息熵的变化可综合反映某区域在一定时段内各种土地利用类型的动态变化及其转换程度,同时也可用来描述和刻画土地利用系统的有序程度。计算方法如式(1)。

$$A = \sum_{i=1}^n A_i \tag{1}$$

式中: A ——研究区土地总面积; n ——该区土地利用类型; A_i ——每种类型的面积。

第 i 种土地利用类型占该区域土地总面积的比例 P_i = A_i/A, 即第 i 种地类在该区域土地利用类型中出现的可能性。依据 Shannon 熵公式定义土地利用结构的信息熵(H)^[10-11]。

$$H = - \sum_{i=1}^n (P_i) \ln(P_i) \tag{2}$$

信息熵 H 是系统复杂性和均衡性的测度,熵值的高低可以反映区域用地结构的均衡程度。熵值越高,表明不同职能的用地类型越多,各职能类型的面积相差越小,分布越均衡。当各地类面积相等即 P₁ = P₂ = ... = P_n = 1/n 时,熵值达到最大且 H_{max} = ln(n)。表明区域已发展成熟,各土地类型已达到稳定、均衡状态。

由于信息熵缺乏对土地类型间分异程度的反映,可比性较差。为更好地描述区域土地类型之间的规模差异和结构格局,特引入土地利用均衡度的概念,并基于信息熵函数构造土地利用结构均衡度函数。

$$E = - \sum_{i=1}^n [P_i \ln(P_i)] / \ln(n) \tag{3}$$

均衡度 E 是信息熵与最大熵之间的比值,其取值

范围为 $E \in [0, 1]$ 。当 $E = 0$ 时, 区域土地利用系统处于最不平衡状态; 而当 $E = 1$ 时, 土地利用类型达到理想的平衡状态。

3.2 陇南市土地利用类型的动态变化分析

陇南属甘肃省经济欠发达地区, 全市除成、徽两县外, 其余均属甘肃省贫困县。土地利用类型以农用地为主, 2008 年农用地占土地总面积的比重高达 85.14%。其中, 林地占主导地位, 接近全市总面积的一半, 其次为耕地与牧草地。研究区 10 多年来用地结构的发展态势呈现如下特点: (1) 耕地面积除 1997 年和 1998 年略有增加外, 其他年份呈稳定下降趋势, 年均下降 0.06%, 其中 2003–2004 年降幅达到最大值 0.36%。主要是由于撤地建市后基础设施的逐步完善使得建设用地外沿扩展不断加剧占用大量耕地。园地发展迅速, 除 1997 年和 2002 年稍有降低, 总体呈上升趋势。随着该区特色农产品和中药材基地的确立, 园地规模将不断扩大。林地面积 1997 年和

1999 年有所减少, 其他年份逐年增加, 尤其是 2004 年比重大幅上升, 是该区变化量最大的一个土地利用类型。全市牧草地比重偏低, 仅为全省比重 (31.026%) 的一半, 除 1999 年稍有波动外, 总体呈递减趋势, 且减幅均匀。(2) 居民点及工矿用地比重呈单调递增趋势, 年均增长 0.004 个百分点, 增幅偏小。其中 2008 年的增长率最大为 0.016%, 主要由于灾后重建及新增建设项目的实施扩大了该类用地的比重。交通用地比重和变速过小, 由 1996 年的 0.434% 增加至 2008 年的 0.437%。交通是制约该区发展的主要瓶颈^[3]。水域比重较小, 基本稳定在 1.128%; 未利用地比重除个别年份有所波动, 总体呈递减趋势。全市未利用地比重远低于全省 43.077% 的现状, 土地利用率高达 88.19%, 后备土地资源严重紧缺。经济社会高速发展使得河漫滩、滩涂等水域用地得到了充分利用, 同时未利用地的利用率也得到了进一步的提升。此外, 建设占用也是未利用地流失的主要方向。

表 2 陇南市 1996–2008 年土地利用结构、信息熵及均衡度

年份	土地利用结构/ %								信息熵	均衡度
	耕地	园地	林地	牧草地	居民点及 工矿用地	交通 用地	水域	未利 用地		
1996	20.469	0.605	48.986	15.017	1.442	0.434	1.139	11.908	1.3790	0.6632
1997	20.479	0.598	48.972	15.016	1.448	0.430	1.132	11.924	1.3788	0.6631
1998	20.481	0.601	48.984	15.016	1.460	0.432	1.129	11.897	1.3789	0.6631
1999	20.480	0.605	48.972	15.026	1.462	0.432	1.130	11.892	1.3793	0.6633
2000	20.338	0.650	49.083	15.019	1.463	0.433	1.130	11.883	1.3799	0.6636
2001	20.332	0.651	49.097	15.014	1.464	0.434	1.128	11.881	1.3797	0.6635
2002	20.293	0.650	49.144	15.008	1.465	0.435	1.127	11.877	1.3793	0.6633
2003	20.212	0.664	49.238	15.000	1.467	0.435	1.124	11.860	1.3788	0.6630
2004	19.851	0.671	49.622	14.995	1.470	0.436	1.120	11.835	1.3754	0.6614
2005	19.796	0.691	49.669	14.986	1.472	0.436	1.122	11.827	1.3757	0.6616
2006	19.761	0.713	49.691	14.985	1.475	0.436	1.127	11.811	1.3764	0.6619
2007	19.746	0.720	49.700	14.984	1.479	0.437	1.127	11.807	1.3766	0.6620
2008	19.724	0.730	49.701	14.983	1.495	0.437	1.123	11.807	1.3772	0.6623
全省	10.175	0.452	11.385	31.026	1.930	0.405	1.551	43.077	1.3930	0.6700

数据来源: 陇南市 1996–2008 年土地利用变更数据。

3.3 陇南市土地利用结构信息熵动态演变特征

借助信息熵分析陇南市土地利用结构的有序程度, 熵值越大, 系统的有序度越低, 反之则越高。研究区土地利用结构的信息熵自 1996 年开始逐渐升高, 至 2000 年达到最高值。表明土地利用系统的无序度正逐步上升, 并于 2000 年达到最高, 土地利用系统的结构性较差。此后信息熵急剧下降, 用地结构的有序度逐步上升, 并于 2004 年达到最低临界值 1.375 4, 此时土地利用系统的有序度最高, 结构性较好。2004 年后信息熵进入快速增长阶段, 土地利用结构再次向无序化方向发展。

分析发现, 陇南市土地利用结构的变化较为缓慢, H 值平均为 1.378 1, 与最大值仅相差 0.001 8。由图 1 可以看出 H 值的演变经历了 3 个阶段: (1) 1996–2000 年为缓慢增长期, H 值稳定增长但增幅偏小, 年均增长 0.021%, 用地结构无序化进程极度缓慢。区域发展中土地利用结构的均衡度逐渐上升, 各地类比例的变化偏小, 变动较为显著的为耕地、林地及园地。(2) 2000–2004 年为显著下降期, 年均下降 0.112%, 其中 2003–2004 年 H 值急剧下降。该阶段研究区的土地利用结构发生了剧烈变化, 主要是耕地及林地的变化显著。其中, 耕地比重下降了 0.362%, 林地上升

了 0.384%。(3) 2004–2008 年为快速回升期。 H 值从低水平快速上升,增幅较大,年均增长 0.046%。 H 值尚未趋向收敛,而是再次向无序化方向发展。陇南市 H 值的演变过程表明:该区土地利用系统在动态波动中向有序方向趋近。均衡度的变化与信息熵相似,呈现先升后降再趋回升的演变规律。其最大值仅为 0.663 6,略低于全省 0.670^[12] 的平均水平,但与全国 0.770^[3] 的平均水平相距甚远。表明该市的用地结构尚处于低水平的均衡状态,土地利用结构有待进一步的优化调整。

深入分析发现,陇南市土地利用结构信息熵总体呈下降趋势的原因主要是农业结构的调整、非农建设占用耕地趋势的增强以及退耕还林的实施。使原本比重偏低的居民点工矿用地(全省比重为 1.930%)比重明显升高,而原本比重居绝对优势的林地比重增长缓慢,园地比重显著提升,耕地比重显著下降。耕地比重分别从 1997 年的 20.469% 降至 2008 年的 19.724%;同时,园地与林地比重分别从 0.605% 和 48.986% 上升至 0.730% 和 49.701%。该变化反映出陇南市正处于传统农业向特色农业、现代农业的转型过程中,即以市场为导向的特色农产品基地和中药材基地的确立,使得园地规模快速扩大;同时退耕还林工程的实施促进了林地面积持续稳定的上升,而花椒、核桃、油橄榄、银杏、茶叶、蚕桑等特色经济林按兼用树种纳入退耕还林生态林政策补助范围后,进一步加快了特色农业置换传统农业的步伐^[13]。居民点工矿用地与交通用地的比重分别从 1996 年的 1.442%、0.434% 上升到 2008 年的 1.495% 和 0.437%。此外,非农建设用地与耕地和牧草地数量间此消彼长。由此可见,园地面积的增加是农业结构调整的结果,而退耕还林工程使林地面积增加的同时也改善了当地的生态环境,非农建设用地面积的增加使得各地类比例更趋均衡化。尽管存在牧草地退化严重,水域用地下降较快,未利用地开发难度大且受地质灾害威胁严重等现象,但总体上陇南市土地利用结构的信息熵趋于下降,土地利用系统向低水平的有序状态发展,结构性趋于增加。

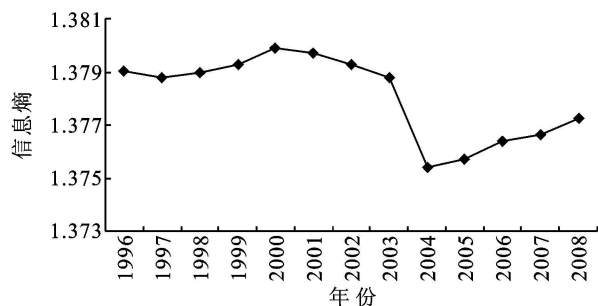


图 1 陇南市 1996–2008 年土地利用结构熵值演变

3.4 陇南市土地利用结构信息熵的空间差异分析

分别计算陇南市各县区 1996–2008 年土地利用结构的信息熵,结果见表 3。分析发现,各县区土地利用结构的信息熵变化偏小,变化最快的是成县与两当县,年均变速为 0.15%,其余县区均小于 0.1%。 H 值单调递增的是徽县和礼县,区域土地处于快速开发利用中,系统向相对无序的状态发展。成县、两当县与宕昌县的信息熵呈阶梯状跳跃发展,表明上述 3 县在 H 值出现跳跃的年份土地利用结构发生了显著变化,其他年份变化缓慢。其中 H 值剧烈变化的共同时段为 2003–2004 年。撤地建市为县城的发展提供了机遇,建设用地比重的大幅上升是信息熵变化的主要动因。康县与文县的 H 值除个别年份稍有波动外,总体呈单调递减趋势;西和县的土地利用系统相对无序, H 值的变化规律较弱;武都区 H 值的演变曲线接近正态分布,经历了先升后降的发展阶段,并于 2004 年后进入了稳定发展阶段。表明该区的土地利用系统渐趋稳定,且无序度有降低的趋向,系统向有序方向发展。各县区中仅武都区与两当县的土地利用结构趋于稳定,其余各县尚处于显著的动态变化中。武都区作为陇南市的行政中心,具有优势的发展条件,区域开发相对成熟,各职能土地利用类型已趋于稳定、均匀,土地利用系统已达到低水平的均衡状态。两当县是陇南市土地面积和人口最小的县,人口对土地利用结构的影响相对较小,除大的政策驱动外,土地利用结构信息熵的变化甚微。

借助 SPSS 软件对陇南市各县区 1996–2008 年的信息熵进行聚类分析,将其划分为 3 大类型区。其中武都区、西和县、礼县和宕昌县处于高值区,表明 4 县区用地系统的均衡度较高,各职能地类的面积趋于相近。成县、徽县、文县及康县位于中值区,该类型区各县经济处于快速发展阶段,城镇化水平较高,人口的急增,城镇化进程的快速推进使得各地类的比例在动态中得以重新分配,用地结构逐步向均衡方向发展。而两当县为低值区,该区林地比重长期波动于 82% 居高不下,造成用地系统的均衡度长期偏低。从不同年份信息熵均值的变化可以看出 1996–2003 年熵值的变化趋缓,年均变化率仅为 0.009%,此后信息熵变速加快,年均变化达 0.059%,且波动较大。表明自建市以来各县区土地进入大幅度的开发利用中,土地利用结构加速变化。

4 结论与讨论

(1) 陇南市 1996–2008 年数量变化最显著的地类是耕地和林地,二者的面积变化量相当,表明耕地

向林地的转移是该区土地利用结构的主要变化方向。全市土地利用的数量变化以农用地为主,变化量比重高达 90.33%。因此,土地利用变化的主导方向是农业结构的调整。研究区 10 多年来土地利用结构的变化速度较缓,其中以园地和居民点工矿用地的增加速度最为显著。

表 3 陇南市各县区 1996—2008 年土地利用结构信息熵

年 份	武都区	成县	两当县	徽县	西和县	礼县	康县	文县	宕昌县	平均值
1996	1.4485	1.1743	0.6702	0.9267	1.4924	1.5269	1.0961	1.1898	1.3976	1.2136
1997	1.4508	1.1744	0.6703	0.9290	1.4924	1.5270	1.0916	1.1898	1.3976	1.2136
1998	1.4514	1.1685	0.6703	0.9290	1.4924	1.5270	1.0916	1.1902	1.3975	1.2131
1999	1.4521	1.1688	0.6705	0.9298	1.4917	1.5273	1.0916	1.1904	1.3976	1.2133
2000	1.4595	1.1693	0.6700	0.9298	1.4918	1.5280	1.0916	1.1905	1.3946	1.2139
2001	1.4595	1.1695	0.6697	0.9303	1.4917	1.5280	1.0914	1.1901	1.3945	1.2139
2002	1.4582	1.1698	0.6688	0.9303	1.4914	1.5280	1.0910	1.1898	1.3946	1.2135
2003	1.4559	1.1694	0.6664	0.9305	1.4935	1.5284	1.0881	1.1894	1.3947	1.2129
2004	1.4477	1.1515	0.6509	0.9323	1.4928	1.5284	1.0859	1.1894	1.3935	1.2080
2005	1.4472	1.1515	0.6511	0.9355	1.4927	1.5285	1.0873	1.1882	1.3936	1.2084
2006	1.4473	1.1542	0.6511	0.9352	1.4928	1.5290	1.0895	1.1883	1.3936	1.2090
2007	1.4476	1.1543	0.6512	0.9355	1.4929	1.5293	1.0890	1.1883	1.3959	1.2093
2008	1.4480	1.1563	0.6518	0.9363	1.4931	1.5307	1.0890	1.1889	1.3959	1.2100

数据来源: 陇南市 1996—2008 年土地利用变更数据。

(3) 土地利用结构信息熵的演变经历了 3 个阶段: 1996—2000 年为缓慢增长期, H 值稳定增长但增幅偏小; 2000—2004 年为显著下降期; 2004—2008 年为快速回升期, H 值从低水平快速上升, 增幅较大。其中, H 值于 2000 年达最高值, 此时用地结构的无序度最高, 结构性较差; 2004 年为最低值, 土地利用系统的有序度最高, 结构性较好。研究区土地利用结构的信息熵尚未趋向收敛, 而是在动态波动中向有序方向趋近。

(4) 陇南市的土地利用均衡度偏低, 土地利用系统维持在一个低水平的有序状态。在后备资源严重紧缺的背景下, 适度加大对耕地及林地后备资源的开发利用, 加强对居民点工矿及交通水利基础设施的建设, 进一步提高土地利用的经济效益, 促进社会经济的持续发展。

(5) 通过对陇南市各县区 1996—2008 年信息熵变化的分析发现, 熵值的区域差异显著, 且变化趋势各异。各县区中仅武都区与两当县土地利用结构趋于稳定, 其余各县尚处于较显著的变动中。从不同年份信息熵均值的变化情况来看, 2004 年后信息熵进入快速变化阶段, 且波动较大, 表明各区域的土地利用系统仍处于较大程度的开发中。

参考文献:

[1] 周生路, 朱青, 赵其国. 近十几年来南京市土地利用结构

(2) 研究区为长江上游重要的生态屏障, 林地比重优势明显。比重呈上升趋势的地类为园地、林地、居民点工矿用地和交通用地; 而耕地、牧草地、水域及未利用地比重呈下降趋势。其中园地规模发展迅速, 居民点工矿用地比重偏小, 交通用地增长缓慢, 未利用地比重远低于全省平均水平, 土地后备资源严重不足。

变化特征研究[J]. 土壤, 2005, 37(4): 394-399.

[2] 刘盛和, 吴传钧, 陈田. 评析西方城市土地利用的理论研究[J]. 地理研究, 2001, 20(1): 111-119.

[3] 谭永忠, 吴次芳. 区域土地利用结构的信息熵分异规律研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 112-117.

[4] 魏丽娜, 刘学录. 甘肃省土地利用结构信息熵动态研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2007, 42(3): 97-101.

[5] 赵晶, 徐建华, 梅安新, 等. 上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析[J]. 地理研究, 2004, 23(3): 137-146.

[6] 陈彦光, 刘明华. 城市土地利用结构的熵值定律[J]. 人文地理, 2001, 16(4): 20-24.

[7] 高永年, 刘友兆. 经济快速发展地区土地利用结构信息熵变化及其动因分析[J]. 土壤, 2004, 36(5): 527-531.

[8] 李江, 郭庆胜. 基于信息熵的城市用地结构动态演变分析[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(5): 393-397.

[9] 杨晓娟, 杨永春, 张理茜, 等. 基于信息熵的兰州市用地结构动态演变及其驱动力[J]. 干旱区地理, 2008, 31(2): 291-297.

[10] 仪垂祥. 非线性科学及其在地学中的应用[M]. 北京: 气象出版社, 1995.

[11] 陈彦光, 刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述: 从信息熵到分维[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 146-152.

[12] 居玲华, 石培基. 甘肃省土地利用结构动态演变及其驱动力分析[J]. 广东土地科学, 2008, 7(5): 38-44.

[13] 陇南市林业局. 全市退耕还林工程实施情况[R]. 2009.