

黄土高原沟壑区长武县 2009年 土地利用结构特征分析

张建军^{1,2}, 张晓萍^{1,3}, 陈凤娟^{1,3}, 马芹^{1,3}, 雷泳南^{1,2}, 万龙^{1,3}

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 712100 陕西杨凌;
2. 中国科学院研究生院, 100049, 北京; 3. 西北农林科技大学资源环境学院, 712100 陕西杨凌)

摘要 选取定量指标并结合GIS技术,基于土地利用结构内涵,对退耕还林背景下黄土高原沟壑区长武县2009年土地利用结构特征进行定量分析。研究表明:目前全县土地利用多样化指数较高,集中化指数则较低,组合类型和洛伦兹曲线体现了全县土地利用较丰富的组合特征,集约化水平较低,各乡(镇)土地利用程度不高。空间分析定量阐明了各乡(镇)地类区位意义、县域地类斑块空间分布状态。结构分析体现了北部塬面沟坡,南部残塬沟壑2大分区的县域特色。全县土地利用总体特征为:以林地+耕地为景观基质,林地+耕地+园地+未利用地为组合类型,以农用地为主,土地利用程度较低。黄土高原沟壑区塬、坡、沟的地貌格局是土地利用空间格局的自然基础。人口密度与土地利用程度显著相关,居民工矿用地区位优势一定程度上体现了土地利用结构。黄土高原沟壑区土地利用没有直接反映经济水平,有待于进一步调整和优化土地利用现状。

关键词 土地利用; 数量结构; 空间结构; 长武县

Characteristics of land use structure in 2009 in Changwu County, the Loess Plateau gully region

Zhang Jianjun^{1,2}, Zhang Xiaoping^{1,3}, Chen Fengjuan^{1,3}, Ma Qin^{1,3}, Lei Yongnan^{1,2}, Wan Long^{1,3}

(1. The State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources 712100 Yangling Shaanxi 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences 100049, Beijing 3. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, 712100 Yangling Shaanxi China)

Abstract Based on the understanding of connotation of land use structure, by using GIS technology the quantitative indices were selected to study the characteristics of land use structure in 2009 in Changwu County Shaanxi Province, Loess Plateau gully area. The results showed that in Changwu County, the diversification indices of each town were relatively high, and centralization indices and land use degrees were generally low. The combination of land use types and Lorenz curve of each town showed that combination forms were abundant in the whole county at present. Spatial analysis expressed the location significance of each town and spatial distribution of land use patches. Structure analysis could reflect the two distribution districts, slope in north and gully in south region. The main characteristics of land use structure in the county could be generalized as landscape matrix constitute of arable land and forest.

收稿日期: 2010-11-10 修回日期: 2011-01-05

项目名称: 中国科学院知识创新工程重大项目“耕地保育及持续高效现代农业试点工程”(KSC-YW-09-07); 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室专项经费“水蚀风蚀交错区侵蚀环境演变的地学-生物学过程及其调控”(10502-Z12-1)

第一作者简介: 张建军(1984-),男,硕士研究生。主要研究方向:土地利用变化与生态环境效应。E-mail: jianjunzhang@163.com

- 责任作者简介: 张晓萍(1971-),女,博士,研究员。主要研究方向:土地利用/覆被变化环境效应。E-mail: zhangxp@ms.iswc.ac.cn

land patches, and regional land combination type was comprised of forest land, arable land, garden plot and unused land. The plateau-gully-slope morphological pattern of Loess Plateau provided a natural foundation of land use structure in the county. There was highly significant correlation between population density and land use degrees. Land use structure was embodied by location advantage of residents, industrial and mining land to some extent. Land use structure in Loess Plateau disagreed with economic level, so it is suggested that land use should be adjusted and optimized in this region.

Key words land use; quantitative structure; spatial structure; Changwu County

土地是人类社会赖以生存与发展的重要资源和物质保障,土地利用反映了人类与自然界相互影响和交互作用最直接、最密切的关系。土地利用的多宜性、用途的选择性及质量的差异性决定了土地利用主体、土地利用方式的多样性和复杂性^[1]。根据其成因和基本特征,土地利用结构包括数量结构和空间结构^[2]。按照系统论结构决定功能的观点,土地利用系统的核心就在于土地利用结构^[3-4]。土地利用结构特征体现了土地资源在各产业间的配置与利用状况及各类用地比例关系,对其进行研究,既是认识土地利用的开始,也是充分合理利用土地资源并对土地实施动态监管和有效控制的重要环节。

在全球变化影响下^[5-7],目前国内外土地利用研究主要集中于土地利用格局变化过程^[8-9]、驱动机制和模型^[10-12]、模拟与结构优化^[13-14]等领域。国内土地利用结构研究主要集中在行政区划的大中尺度如全国^[9, 15]、省^[16-17]、市^[18-19]和地区以及城市^[20-22]以及自然形成的流域^[23-25]。县级尺度是我国行政管理的基层单位,也是土地持续利用、管理和规划的最佳尺度^[1];然而,县级尺度上土地利用结构特征研究不够深入,方法上缺少较为完善的理论体系,土地利用结构定量研究有待深入探讨。

黄土高原沟壑区是我国水土流失最严重的区域之一。为加强生态环境建设,全国退耕还林工程于1999年在该区实施。同时,在优势农业和特色经济

影响下,大面积推广果园种植,也大力开发矿产资源,土地利用形式动态变化较大。笔者以黄土高原沟壑区陕西省长武县为例,选取具有明确物理意义的定量指标并利用GIS技术,探讨其土地利用结构特征及其成因,为黄土高原退耕还林(草)和土地利用结构调整提供科学依据,为黄土高原沟壑区县域土地利用管理和政策制订提供借鉴和参考。

1 研究区概况及数据来源

长武县(E 107°38′~107°58′, N 34°59′~35°18′)位于陕西省咸阳市西北秦陇交界处,塬川相间,沟谷发育,具有典型的高原沟壑地貌。全县总面积567.1 km²,地势由西向东倾斜,海拔847~1274 m,以黑河为界,分为南北2大部分,南部以南河为界,分为巨路原和枣园原,北部以鸦儿沟为界,分为中原和北原。境内有883条干支沟,原面破碎。属西北内陆暖温带半湿润大陆性季风气候区,冬季长而干冷,夏季短而凉爽。年平均日照时间2226.5 h,年平均气温为9.1℃,无霜期171 d,多年平均降水量587.8 mm,多集中在7—9月。全县总面积中,塬地占24%,川地占7%,沟坡地占69%,为黄土高原沟壑典型代表区。长武县乡镇人口密度及人均纯收入如表1所示。

2009年长武县土地利用数据及图鉴资料(图1)来源于长武县国土资源局,属国家第二次土地利用调查成果。该数据以2008年SPOT5遥感影像资

表1 各乡镇2008年人口密度和农民人均纯收入

Tab 1 Population density and farmer net income per capita in each town

乡(镇)	人口密度 (人·km ⁻²)	农民人均纯 收入/元	乡(镇)	人口密度 (人·km ⁻²)	农民人均纯 收入/元	乡(镇)	人口密度 (人·km ⁻²)	农民人均纯 收入/元
昭仁镇	726	3489	洪家镇	304	2864	地掌乡	430	2947
相公镇	502	2958	冉店乡	234	2647	枣园乡	185	2594
巨家镇	182	2821	芋园乡	322	2661	亭口乡	203	2654
丁家镇	333	2669	彭公乡	368	3033	全县	318	2895

注:数据来源于长武县2008年统计年鉴^[26]。

料为基础,分辨率为 2.5 m,以 1:1 万地形图为基础信息。具体调查过程是按照全国统一的土地调查技术标准,采用国家标准的土地利用现状分类,采取技术委托单位室内解译,结合县乡镇地籍管理人员进行野外核实校正的工作方法,保证了数据的正确与准确性。结合长武县实际状况,仍采用了 8 个一级土地利用分类系统,即耕地、园地、林地、草地、居民工矿用地(简称居工地)、交通用地、水域和未利用

地。按照乡(镇)界限将图形分割,进行区位分析。数据处理是在 ARCGIS9.2 软件支持下进行,各类统计在 EXCEL 中完成。采用的土地利用数量结构和空间结构的指标框架见图 2 所示。

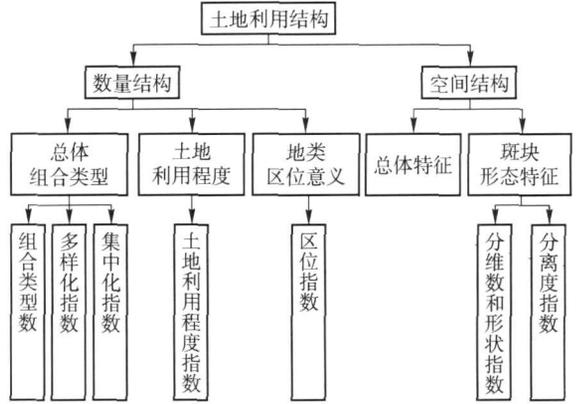


图 2 土地利用结构特征分析框架

Fig 2 Flow chart of characteristics of land use structure

2 土地利用数量结构分析

土地利用数量结构为某区域内各种地类及其面积比例构成等数量关系,数量结构分析的目的在于揭示区域土地利用类型的数量组合规律和各地类区位意义。从一定意义上讲,一定的经济结构和产业结构必须通过相应的用地结构得到映射^[27]。本文从数量结构总体组合类型、土地利用综合程度和各地类区位意义 3 方面探讨土地利用数量结构的社会经济属性特征,如图 2 所示。全县及各乡(镇)土地利用面积比例如表 2 所示。

表 2 各乡镇土地利用面积比例

Tab 2 Quantitative structure of land use of each town in Changwu County in 2009

乡(镇)	耕地	园地	林地	草地	居工地	交通用地	水域	未利用地
昭仁镇	21.54	19.88	25.90	0.93	12.55	0.34	1.54	17.33
相公镇	28.33	32.76	12.80	0	12.68	1.09	1.64	10.70
巨家镇	28.16	7.84	42.74	1.05	5.45	0	0.58	14.18
丁家镇	27.47	14.28	32.83	14.77	9.00	0.06	1.56	0.04
洪家镇	24.33	22.52	32.29	4.97	9.05	0.79	0.01	6.02
冉店乡	26.41	16.31	26.10	1.32	12.14	0.70	4.61	12.41
芋园乡	33.13	15.85	23.63	0.39	10.60	0.03	8.23	8.14
彭公乡	30.70	20.86	27.48	0.68	9.80	1.07	1.69	7.71
地掌乡	29.93	18.98	26.30	3.93	10.77	0.82	4.39	4.88
枣园乡	31.68	6.07	36.20	0.78	5.86	0.00	2.27	17.13
亭口乡	28.99	7.58	41.31	2.83	6.18	0.09	1.38	11.63
全县	28.20	14.91	32.07	2.65	8.83	0.39	2.20	10.75



图 1 长武县 2009 年土地利用现状及乡镇分布

Fig 1 Land use map of Changwu County

2.1 总体组合类型分析

2.1.1 多样化分析 多样化分析的目的是揭示区域内各种土地资源的齐全程度或多样化状况,采用吉布斯-马丁(GibbsMartin)多样化指数来度量,模型^[27]为

$$G = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n X_i\right)^2}$$

表 3 各乡(镇)土地利用多样化指数、集中化指数和组合类型

Tab 3 Diversification index, centralization index and combination types of land use in each town

乡(镇)	多样化指数 G	集中化指数 I	组合系数 W	组合类型数	组合类型
昭仁镇	0.801	-0.157	97.9	4	林地+耕地+园地+未利用地
相公镇	0.768	0.034	372.0	4	园地+耕地+林地+居工地
巨家镇	0.709	0.286	482.2	3	林地+耕地+未利用地
丁家镇	0.766	0.068	287.0	4	林地+耕地+草地+园地
洪家镇	0.771	0.029	199.0	3	林地+耕地+园地
冉店乡	0.803	-0.165	211.4	5	耕地+林地+园地+未利用地+居工地
芋园乡	0.785	-0.055	358.9	4	耕地+林地+园地+居工地
彭公乡	0.771	0.037	196.6	3	耕地+林地+园地
地掌乡	0.788	-0.081	264.7	4	耕地+林地+园地+居工地
枣园乡	0.732	0.201	273.4	3	林地+耕地+未利用地
亭口乡	0.721	0.207	516.8	2	林地+耕地
全县	0.775	0	365.1	4	林地+耕地+园地+未利用地

全县多样化指数平均值为 0.775,其理论最大值为 0.875,说明全县土地利用多样化指数较高,各乡(镇)多样化指数介于 0.709~0.803 之间,巨家镇最小,冉店乡最大,其中昭仁镇、冉店乡、地掌乡和芋园乡 4 个乡(镇)高于全县平均水平,其余 7 个乡(镇)略低于全县水平。总体来说,全县土地利用结构具有较大的相似性,县域土地利用数量结构多样化特征明显,反映出全县生产经营多样化产业的结构。

2.1.2 组合类型分析 土地数量结构组合类型分析的目的在于确定土地利用结构的类型特征和主要类型。这里采用威弗-托马斯(Weaver-Thomas)组合系数法^[27]。该方法原理是利用土地假设分布(假设相对面积比例)逐步逼近实际分布(实际面积比例),根据最小方差得到最接近实际分布的土地利用组合类型,组合系数为实际分布与假设分布比例平方差之和,由表 2 计算出组合类型(表 3)。

冉店乡组合类型为 5 种,是以林地、耕地、园地、居工地和未利用地为组合类型,其他 3 种土地利用类型为辅;相公镇、芋园乡、地掌乡是以林地、耕地、

式中: G 为多样化指数,其理论最大值为 $(n-1)/n$; n 为土地利用类型数; X_i 为第 i 类土地面积或比例。当 $n=1$,说明一个地区只有一种土地利用类型,此时 $G=0$,多样化指数最小;如果某一个地区土地利用类型越多样,则 n 越大, G 越接近 1。由表 2 可计算出全县及 11 个乡(镇)的土地利用类型多样化指数,见表 3。

园地、未利用地为主,昭仁镇和县域是以林地、耕地、园地、未利用地为主,其他 4 种为辅的结构特征;而丁家镇则是以林地、耕地、草地、园地为组合类型;洪家镇、彭公乡是林地、耕地、园地 3 种组合地类,巨家镇、枣园乡是以林地、耕地、未利用地为组合类型,其他 5 种为辅助地类;亭口乡组合类型较为简单,以林地、耕地为主,其他 6 种为辅。土地利用组合类型主要受全县地貌影响,在发挥土地整体功能和综合效益以及调整土地利用结构的土地策略下,形成了全县以北部塬面沟坡粮油果副区,南部残塬沟壑粮林畜牧区的土地利用分区。

2.1.3 集中化分析 采用洛伦兹(Lorenz)曲线和集中化指数 I 来表征土地利用类型的集中化程度。洛伦兹曲线的优点是直观。首先根据表 2 将各乡(镇)各地类面积比例,由大到小按顺序排列,然后累计面积比例,并据此绘出曲线。

由洛伦兹曲线(图 3)可知,全县各乡(镇)中,相公镇、地掌乡和冉店乡拐点发生在第 5 个点,其累积面积比例超过 90.9%,昭仁镇、丁家镇、芋园乡在前 4 个地类后明显发生转折,面积比例均为 83.2%

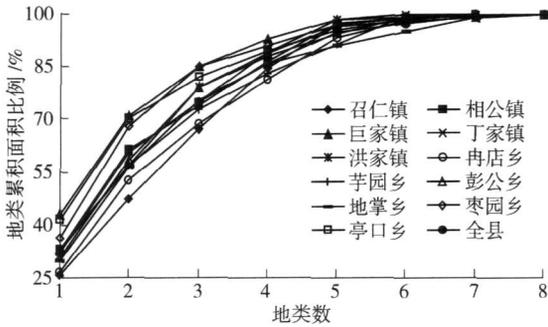


图 3 各乡镇土地利用洛伦兹曲线

Fig 3 Lorenz curve of land use in each town

以上, 4 个乡(镇)土地利用主要集中于 4 种类型, 洪家镇、巨家镇、彭公乡、枣园乡在前 3 个地类后发生转折, 土地面积比例均在 79.0% 以上, 亭口乡在前 2 个地类后发生转折, 面积比例为 70.3% (表 2 和图 3)。通过洛伦兹曲线可以直观显示出各乡(镇)土地利用集中分布状况, 根据各乡(镇)集中状况, 可以直观体现全县土地利用以林地、耕地、园地、未利用地为主的现状。比较洛伦兹曲线和组合系数发现各乡(镇)土地利用组合类型与洛伦兹曲线一致。

集中化指数的优点在于能精确地度量、分析区域土地利用集中化程度, 计算公式^[27]为

$$I = \frac{A_i - R}{M - R}$$

式中: I 为集中化指数; A_i 为各地类累计面积比例之和; M 为假设土地都集中分布时累计面积比例之和; R 为高一层次区域各地类累计面积比例之和, 以 R 值作为衡量集中化程度的基准。

各乡(镇)的土地利用集中化指数相差较小, 介于 $-0.165 \sim 0.286$ 之间(表 3), 表明全县土地利用集中化程度较低。对多样化指数和集中化指数进行相关分析, 二者均服从正态分布, Pearson 相关系数为 -0.987 , 表明二者显著性负相关, 土地利用多样化指数愈高集中化指数愈低, 反之亦然。表现为冉店乡、召仁镇、地掌乡多样化指数较大, 分别为 0.803 、 0.801 、 0.788 对应的集中化指数分别为 0.165 、 0.157 、 0.081 ; 巨家镇、亭口乡、枣园乡多样化指数较小, 分别为 0.709 、 0.721 、 0.732 对应的集中化指数较大, 分别为 0.286 、 0.207 、 0.201 。这与洛伦兹曲线和组合类型分析基本一致。

比较多样化指数、集中化指数与组合系数相互关系, 一般在组合类型数相同的情况下, 多样化指数愈大, 集中化指数和组合系数则愈小。相关性分析显示多样化指数与集中化指数之间具有显著的负相关关系, Spearman 相关性分析发现多样化指数与组

合系数相关系数为 -0.560 , 集中化指数与组合系数相关系数为 0.491 , 相关性均不显著。原因在于在组合系数和组合类型数一定的情况下, 组合类型之外的地类分布均匀等状态也会影响多样化指数和集中化指数。

总之, 通过多样化指数、集中化指数、洛伦兹曲线与组合类型数相互关系分析, 结果显示 4 个定量指标之间起着优势互补的作用, 这表明在土地利用结构特征定量分析时, 应充分发挥各指标自身特点和优势。

2.2 土地利用程度综合分析

土地利用程度综合分析的目的在于确定区域土地利用程度综合特征, 土地利用程度指数的大小反映了土地利用程度的高低。采用庄大方等^[28]提出的方法, 将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为若干等级, 并赋予分级指数, 计算公式为

$$L = 100 \sum_{j=1}^m B_j C_j$$

式中: L 为某区域土地利用程度综合指数, 介于 $100 \sim 400$ 之间; B_j 、 C_j 为区域内第 j 级土地利用程度分级指数及面积比例; m 为土地利用程度分级数。土地利用分级的划分及分级指数的赋值如表 4 所示。

表 4 各乡(镇)土地利用程度指数

Tab 4 Indices of land use degree in each town

乡(镇)	1级 /%	2级 /%	3级 /%	4级 /%	L_i
昭仁镇	12.89	41.45	28.34	17.33	249.90
相公镇	13.77	61.09	14.44	10.70	277.94
巨家镇	5.45	36.00	44.37	14.18	232.72
丁家镇	9.05	56.50	34.40	0.04	274.57
洪家镇	9.84	46.85	37.28	6.02	260.52
冉店乡	12.84	42.73	32.03	12.41	256.00
芋园乡	10.63	49.19	32.04	8.14	262.31
彭公乡	10.88	51.56	29.85	7.71	265.60
地掌乡	11.58	48.91	34.62	4.88	267.20
枣园乡	5.87	37.77	39.23	17.13	232.37
亭口乡	6.27	36.59	45.50	11.63	237.51
全县	9.22	44.07	35.96	10.75	251.76

注: 表中第 2~5 列数据为各乡镇相应等级面积比例。其中: 1 级代表居工地和交通用地, 分级指数为 4; 2 级代表耕地、园地和人工草地, 分级指数为 3; 3 级代表林地、草地和水域, 分级指数为 2; 4 级代表未利用地, 分级指数为 1。

各乡(镇)2 级土地利用面积比例介于 $36.00\% \sim 61.09\%$, 3 级为 $14.44\% \sim 45.50\%$ (表 4), 说明全

县土地利用以农为主、农林结合的土地利用状态。土地利用程度指数 L 值介于 232.37~277.94 之间, 其中: 相公镇、丁家镇、洪家镇、冉店乡、芋园乡、彭公乡、地掌乡高于全县平均水平 251.76, 土地利用程度较高; 而召仁镇、相公镇、巨家镇、冉店乡、枣园乡、亭口乡 4 级地即未利用地面积高于全县, 在提高土地集约化程度和综合利用效益方面有较大潜力。此外, 全县未利用地 10.75%, 说明长武县仍有较大的开发空间。

2.3 地类区位优势分析

区位指数分析的意义在于反映测度各地类相对于高层次区位空间的聚集优势 and 专业化程度, 本文采用区位指数, 其计算公式^[29]为

$$Q = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \bigg/ \frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

表 5 各乡镇土地利用区位优势指数

Tab 5 Location advantage indices of land use in each town

乡(镇)	耕地	园地	林地	草地	居工地	交通用地	水域	未利用地
昭仁镇	0.76	1.33	0.81	0.35	1.42	0.87	0.70	1.61
相公镇	1.00	2.20	0.40	0	1.44	2.80	0.75	1.00
巨家镇	1.00	0.53	1.33	0.40	0.62	0.00	0.26	1.32
丁家镇	0.97	0.96	1.02	5.57	1.02	0.15	0.71	0
洪家镇	0.86	1.51	1.01	1.88	1.02	2.03	0.01	0.56
冉店乡	0.94	1.09	0.81	0.50	1.37	1.80	2.10	1.15
芋园乡	1.18	1.06	0.74	0.15	1.20	0.07	3.74	0.76
彭公乡	1.09	1.40	0.86	0.26	1.11	2.75	0.77	0.72
地掌乡	1.06	1.27	0.82	1.48	1.22	2.09	2.00	0.45
枣园乡	1.12	0.41	1.13	0.30	0.66	0.01	1.03	1.59
亭口乡	1.03	0.51	1.29	1.07	0.70	0.23	0.63	1.08

3 土地利用空间结构分析

土地利用空间结构为某区域内各类土地斑块彼此间组合而形成的一定格局^[30], 对其分析的目的在于揭示土地利用空间形态特征, 如图 2 所示。景观

式中: Q 为区位指数; f_i 为区域内第 i 种土地面积; F_i 为高层次区域内第 i 种土地面积。如果区位指数 $Q > 1$, 则该种土地具有区位优势; 如果 $Q < 1$, 则其不具备区位优势。

由表 5 可知: 全县各乡(镇)中, 芋园乡、枣园乡、彭公乡、地掌乡和亭口乡耕地具有区位优势; 相公镇、洪家镇、彭公乡、昭仁镇、地掌乡、冉店乡、芋园乡园地具有区位优势, 其中相公镇、洪家镇分别为 2.20 和 1.51, 具有明显的优势, 此外, 彭公乡 1.40 也具有较强的区位优势; 巨家镇、亭口乡、枣园乡、丁家镇、洪家镇林地具有一定区位优势; 丁家镇、洪家镇草地具有明显的优势, 此外, 地掌乡、亭口乡也具有区位优势; 召仁镇、相公镇、丁家镇、洪家镇、冉店乡、芋园乡、彭公乡和地掌乡居工地利用上具有区位优势, 与这些乡(镇)的经济水平、交通和地理位置密切相关。

格局指数在省^[29]、市^[20-21]、区域^[22]、县域^[22]以及小流域^[24]得到了广泛应用, 本文利用 2009 年长武县土地利用现状图, 选取耕地、园地、林地、草地、居工地、交通用地、水域、未利用地 8 种地类, 计算斑块形态指标, 如表 6。

表 6 全县 2009 年土地利用斑块数量及形态统计表

Tab 6 Statistical indices for different land patches in Changwu County in 2009

地类	斑块数	数量比例 %	平均面积 /m ²	最大面积 /m ²	最小面积 /m ²	平均周长 /m	最大周长 /m	最小周长 /m
耕地	4 772	32.2	33 435.7	2 819 667.3	363.5	1 079.0	65 369.6	85.5
园地	5 132	34.6	16 384.4	1 594 298.7	372.9	737.2	51 484.3	83.1
林地	897	6.0	202 874.7	20 311 382.8	611.7	3 009.5	230 260.7	101.9
草地	206	1.4	52 718.6	452 055.9	438.3	1 394.4	7 362.9	95.2
居工地	2 768	18.7	17 928.6	3 812 930.5	320.7	684.0	44 599.8	72.7
交通用地	16	0.1	136 032.2	1 947 401.9	2 335.6	7 050.5	98 316.7	203.9
水域	68	0.5	194 064.4	3 842 545.0	401.6	4 189.0	120 787.1	81.7
未利用地	971	6.5	68 905.8	1 901 994.4	1 254.0	1 815.6	33 594.7	144.4

3.1 土地利用空间格局总体特征

由表 2 和表 6 可知, 园地和耕地斑块数最多, 而林地和耕地在各地类中比例最大, 其面积之和达全县面积的 60.27%。根据景观生态学理论, 林地和耕地为县域土地景观基质。按照斑块平均面积、最大面积、平均周长、最大周长, 确定林地、耕地、园地、未利用地、居工地是构成全县土地利用总体格局的基础。与前述组合类型判断全县土地利用主要类型结果相一致。

3.2 土地利用类型斑块形态特征

不同土地利用类型斑块具有不同图形信息特征, 因此, 可以通过斑块形态指标来揭示土地利用空间形态内在特征。本文选取分维数、形状指数及分离度指数来测度斑块形态特征^[31-32], 计算结果见图 4 和图 5。

3.2.1 分维数和形状指数 分维数描述了一定的观测尺度上土地利用斑块形状的复杂性特征, 在一定程度上可以反应出景观形状的变化, 斑块形状越复杂, 分维数越大。分维数主要揭示土地利用斑块的形状和面积大小之间的相互关系, 采用周长 - 面积法测定, 计算公式为

$$D = \frac{2 \ln \left(\frac{P}{4} \right)}{\ln(A)}$$

式中: D 为分维数, 理论范围为 1.0~ 2.0。1.0 代表形状最简单的正方形斑块, 2.0 表示等面积下周边最复杂的斑块; P 为斑块周长; A 为斑块面积。

形状指数表征方式较多, 在此采用与斑块面积相同的圆的周长与实际斑块周长的比值, 即形状指数, 其表达式为

$$S = \frac{2 \sqrt{\pi A}}{P}$$

式中 S 为形状指数。当斑块为圆形时, S 为最大值 1, S 值越接近于 1, 表示斑块形状越规则。

用雷达图表示各地类斑块的平均分维数和形状指数, 如图 4 和图 5 所示。各地类斑块分维数介于 1.050~ 1.265 之间, 其中交通用地最大 (1.265), 水域 (1.142) 和未利用地 (1.098) 次之, 居工地最小 (1.050)。各地类形状指数介于 0.185~ 0.694, 其排列与分维数相反, 交通用地最小 (0.185), 其次分别为水域 (0.373) 和未利用地 (0.512)。说明交通用地、水域和未利用地形状最复杂。交通用地主要受地形和人为因素影响, 地形决定公路线性走向, 人为因素决定主干道下次级公路的曲线辐射走向, 故无数条形状较规则的线性公路复合而成的网状的交

通用地成为最复杂的土地利用类型。地势决定河流的流向, 通过河流的汇集作用, 导致河流被分水岭分割, 且相互之间距离较大, 加之黄土高原沟壑区降水偏少, 水面分布不规则, 因此, 形状指数较小而分维数较大。未利用地是在其他土地利用后残留的未开发土地, 也就是被其他土地利用类型分割、包围而具有不规则形状的地类。其分维数和形状指数均显示其形状的复杂性。

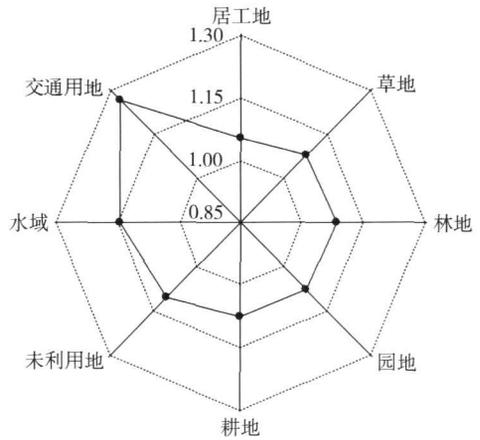


图 4 各土地利用类型的平均分维数指数图

Fig 4 Average fractal dimension of each land use type

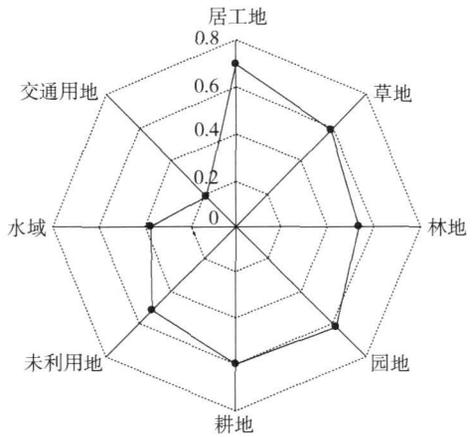


图 5 各土地利用类型形状指数

Fig 5 Shape index of each land use type

3.2.2 分离度指数 景观生态学用景观分离度来度量某一景观类型中不同斑块个体空间分布的离散 (或集聚) 程度, 该指标通过计算土地利用斑块的面积与个数间的关系来量测各土地利用类型的空间分布特征及其在研究地区中所占的地位, 其表达式为

$$M_i = \frac{K_i}{R_i}, K_i = \frac{1}{2} \sqrt{nA}, R_i = \frac{N_i}{N}$$

式中: M_i 为第 i 类斑块分离度指数; K_i 为第 i 类斑块距离指数; R_i 为第 i 类斑块面积指数; N_i 为第 i 类斑块面积; n 为第 i 类斑块个数。

如图 6 所示,各土地利用类型分离度介于 0.002 0~0.021 9 之间,交通用地分离度指数最大,为 0.021 9 说明单位面积交通用地空间分布最广,具有分离度最大的特征。草地和居工地次之,表明二者斑块平均面积相对较小,数量相对较多、分布不集中。在退耕还林的背景下,林草建设中优先发展林业,由于耕地、园地和林地的分割,草地之间相互孤立,破碎严重。居工地分离度大说明全县居民分布不集中,目前经济水平不高,在城镇化和集中社区建设上有待进一步提高。未利用地主要受地形影响,形状不规则,但一般相对连片地分布在陡坡地,单位地块相对较大。园地作为构成县域土地利用总体格局的重要组成部分,相对耕地和林地具有单位地块较小的特征,故在空间上分离度较大。林地和耕地作为县域景观基质,分离度最小,符合县域土地利用现状。

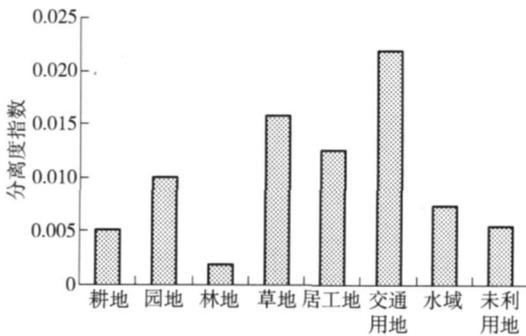


图 6 各土地利用类型的分离度指数

Fig 6 Isolation indices of each land use type of Changwu County

4 结论

1) 目前全县土地利用多样化指数较高,集中化指数则较低,组合类型和洛伦兹曲线体现了全县土地利用较丰富的组合特征,各乡(镇)土地利用相对分散,集约化水平较低。空间分析定量化阐明了各乡(镇)地类区位意义、县域地类斑块空间分布状态。结构分析体现了北部塬面沟坡,南部残塬沟壑两大分区的县域特色。

2) 长武县土地利用结构总体特征以林地-耕地+园地-未利用地为组合类型,以林地和耕地为景观基质,林地+耕地+园地+居工地+未利用地构成全县土地利用格局。地貌格局是该县土地利用结构形成的自然前提条件。政策、人口密度和经济水平则是深刻影响全县土地利用的人文因素。在一定程度上,人口密度与土地利用程度、建设用地区位优势

呈正相关。全县土地利用以农用地为主,土地利用的经济效益还较低,需要进一步优化土地的利用,以提高农村、农民经济收入。

3) 从土地利用数量结构与空间结构和图形信息特征出发,揭示了县域土地利用结构基本特征和存在的问题。区域土地利用结构本身的复杂性决定了研究方法的多样性,土地利用结构内涵界定还有待加强,有待于集成多种方法、应用相关理论进行深入分析。从结构成因来看,有待于进一步分析土地利用政策等难以量化的社会经济因素,以深化土地利用结构内涵和特征的分析研究。

5 讨论

土地利用数量结构分析体现了地貌决定下因地制宜的土地利用原则。黄土高原沟壑区的塬、坡、沟不同地貌空间布局决定了各乡(镇)土地利用多样化和集中化状态。黑河水系穿越的昭仁镇、冉店乡和芋园乡,以及北部濒临泾河的地掌乡,沟坡地多,利用难度大,组合类型以外的利用类型分布相对均匀,因而多样化指数高于全县,集中化指数则较低。

长武县土地利用格局特征还与政策要素及人口密度等人类活动密切相关^[33];同时,县域土地利用结构存在不合理的地方。

在政策要素指导下,20世纪80年代后,县域经济多样化发展,优质果园面积大幅度增加。1999年退耕还林政策实施以来,耕地数量进一步下降。阶段政策因素影响,使土地利用多样化指数提高,集中化指数和土地利用程度指数降低。

用表 1 中人口密度与表 4 中各土地利用程度指数进行相关分析,除长武县政府所在地昭仁镇外,其他 10 个乡(镇)的人口密度与土地利用程度指数极显著相关, Pearson 相关系数为 0.892 与多样化指数、集中化指数分别呈正、负相关但均不显著。说明,乡(镇)间人口密度显著影响到了土地利用程度,但与土地利用的多样化和集约化无关。

表 1 中人口密度与表 5 中居工地区位优势则相关性不大,表明居工地的利用存在闲置、浪费的现象。长武县土地利用多样化指数较高,反映了全县生产经营上的多样化,集中化指数低,说明各产业间规模化经营较弱,没有形成集约化经营的局面。此外,全县未利用地面积较大(占全县面积的 10.75%),土地后备资源充足,但由于其主要分布在水系两岸沟坡位置,存在开发难度大的问题。全县土地利用还处于低效益和低集约化水平,土地需

要进一步整理和优化。

6 参考文献

- [1] 王静, 郭旭东. 我国县级尺度土地可持续利用的科学调控 [J]. 地理科学进展, 2002, 21(3): 216-222
- [2] 陈其春, 吕成文, 李壁成, 等. 县级尺度土地利用结构特征定量分析 [J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 223-231
- [3] 许国志. 系统科学: 第 1 版 [M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2000: 22-27
- [4] 严金明. 简论土地利用结构优化与模型设计 [J]. 中国土地科学, 2002, 16(4): 20-25
- [5] Turner II B L, Skole D, Sanderson S et al. Land-use and land-cover change: science/research plan [R]. GBP Report No 35 and HDP Report No 7. Stockholm: GBP, 1995
- [6] 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
- [7] 路云阁, 蔡运龙, 许月卿. 走向土地变化科学—土地利用/覆被变化研究的新进展 [J]. 中国土地科学, 2006, 20(1): 55-61
- [8] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析 [J]. 中国科学: D 辑, 2002, 32(12): 1031-1043
- [9] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 等. 近 10 年来中国土地利用格局及其演变 [J]. 地理学报, 2002, 57(5): 523-530
- [10] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨 [J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-86
- [11] 顾朝林. 北京土地利用/覆盖变化机制研究 [J]. 自然资源学报, 1999, 14(4): 307-312
- [12] 郑新奇, 王筱明. 城镇土地利用结构效率的数据包络分析 [J]. 中国土地科学, 2004, 18(2): 34-39
- [13] 张永民, 赵士洞, Verburg P H. CLUE-S 模型及其在奈曼旗土地利用时空动态变化模拟中的应用 [J]. 自然资源学报, 2003, 18(3): 310-318
- [14] 何春阳, 史培军, 陈晋, 等. 基于系统动力学模型和元胞自动机模型的土地利用情景模型研究 [J]. 中国科学: D 辑, 2005, 35(5): 463-473
- [15] 葛全胜, 赵名茶, 郑景云. 20 世纪中国土地利用变化研究 [J]. 地理学报, 2000, 55(6): 698-706
- [16] 常庆瑞, 齐雁冰, 高亚军, 等. 陕西省土地利用的现状、问题与合理开发措施 [J]. 西北农林科技大学学报: 社会科学版, 2002, 2(2): 52-57
- [17] 王红梅, 王小雨, 李宏. 基于计量地理模型的黑龙江省土地利用状况分析 [J]. 农业工程学报, 2006, 22(7): 70-74
- [18] 摆万奇. 深圳市土地利用动态趋势分析 [J]. 自然资源学报, 2000, 15(2): 112-116
- [19] 梁红梅, 刘卫东, 林育欣, 等. 土地利用效益的耦合模型及其应用 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2008, 34(2): 230-236
- [20] 朱凤武, 彭补拙, 丁建中, 等. 温州市土地利用空间格局研究 [J]. 经济地理, 2001, 21(1): 101-104
- [21] 周生路, 黄劲松. 东南沿海低山丘陵区土地利用结构的地域分异研究: 以温州市为例 [J]. 土壤学报, 2003, 40(1): 37-45
- [22] 刘桃菊, 蔡海生, 邵建英, 等. 鄱阳湖区的土地利用结构定量分析 [J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(6): 934-938
- [23] 陈利顶, 傅伯杰, 王军. 黄土丘陵区典型小流域土地利用变化研究: 以陕西延安地区大南沟流域为例 [J]. 地理科学, 2001, 21(1): 46-51
- [24] 郝仕龙, 陈南祥, 柯俊. 黄土丘陵小流域土地利用景观空间格局动态分析 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 50-53
- [25] 李小雁, 许何也, 马育军, 等. 青海湖流域土地利用/覆被变化研究 [J]. 自然资源学报, 2008, 23(2): 285-296
- [26] 长武县统计局. 长武县 2008 年统计年鉴 [M]. 长武: 长武县统计局, 2009
- [27] 张颖, 王群, 王万茂. 中国产业结构与用地结构相互关系的实证研究 [J]. 中国土地科学, 2007, 21(2): 4-11
- [28] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究 [J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 105-111
- [29] 王颖, 邓良基. 四川省土地利用数量结构分析及土地可持续利用研究 [J]. 四川农业大学学报, 2006, 24(2): 194-200
- [30] Forman R T T. Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995: 3-14
- [31] 曹天邦, 朱晓华, 肖彬, 等. 土地利用类型分布的分形结构及其应用: 以江苏省扬中县丰裕镇为例 [J]. 地域研究与开发, 1999, 18(4): 9-12
- [32] 王平, 卢珊, 杨桡, 等. 地理图形信息分析方法及其在土地利用研究中的应用 [J]. 东北师大学报: 自然科学版, 2002, 34(1): 93-99
- [33] 陈利顶. 生态建设对景观格局与过程的影响 [M]. 田均良. 黄土高原生态建设环境效应研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2010: 48-84

(责任编辑: 程云)