

陇中黄土丘陵区土地利用功能时空演变及影响因素

韦 军¹, 李晓丹¹, 马丽娅¹, 闫 敏¹, 刘学录², 王全喜¹

(1.甘肃农业大学 管理学院, 兰州 730070; 2.甘肃农业大学 资源与环境学院, 兰州 730070)

摘 要:为探究甘肃省生态脆弱区土地利用功能时空演变规律及其驱动因素,以黄土丘陵区为例,基于“三生”功能视角,运用综合评价法、核密度估计和地理探测器等方法,揭示黄土丘陵区 27 个县域单元 2009—2017 年土地利用功能时序动态演进规律、空间特征及影响因素。结果表明:(1) 2009—2017 年,黄土丘陵区土地利用总功能有序提升,但整体水平不高,生态功能小幅下降,生产、生活功能水平快速提高,且空间分异显著。(2) 黄土丘陵区土地利用功能区域差异特征明显,有进一步扩大趋势,且存在轻微空间极化现象。(3) 黄土丘陵区“三生”功能时空演化是区域自然资源禀赋及社会经济条件综合作用的结果,且任意两项子功能交互后对土地利用总功能解释力均为增强关系。应针对“三生”功能时空特征和影响因素制定差异化土地利用策略,科学配置土地资源,调整土地利用方式,协调不同功能关系,提高土地利用总功能水平,有助于优化国土空间格局、提升国土空间利用质量。

关键词:土地利用功能; 时空演变; 核密度估计; 影响因素; 黄土丘陵区

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)03-0194-09

Spatiotemporal Evolution of Land Use Function and Influencing Factors in Loess Hilly Region of Longzhong

WEI Jun¹, LI Xiaodan¹, MA Liya¹, YAN Min¹, LIU Xuelu², WANG Quanxi¹

(1.College of Management, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2.College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to explore the spatiotemporal evolution of land use function and its driving factors in the ecologically fragile areas of Gansu Province, taking the loess hilly area as an example, we used comprehensive evaluation methods, nuclear density estimation and geographic detectors are to reveal the dynamic evolution law, spatial characteristics and influencing factors of land use function in district and county units from 2009 to 2017 based on the perspective of land use multi-function. The results show that: (1) in 2009, the total land use function in the loess hilly area was improved in an orderly manner, but the overall level was not high, the ecological function declined slightly, the production and living functions improved rapidly, and the spatial differentiation was significant; (2) the land use function of the loess hilly area had obvious characteristics of regional differences, with a trend of further expansion and slight spatial polarization; (3) the spatiotemporal evolution of the land use multi-function in the loess hilly area was the result of the comprehensive effect of the regional natural resource endowment and socio-economic conditions, and the explanatory power of the total land use function after any two sub-functions interacts was enhanced. Based on the spatial and temporal characteristics and influencing factors of the land use multi-function function, the differentiated land use strategies should be formulated to scientifically allocate land resources, adjust land use methods, coordinate different functional relationships, improve the overall functional level of land use, and help optimize the spatial pattern of the country and improve the quality of land use.

Keywords: land use function; spatiotemporal evolution; kernel density estimation; influence factor; loess valley hilly region

收稿日期:2020-06-23

修回日期:2020-07-21

资助项目:甘肃农业大学校级自列课题“生态脆弱区的土地利用与生态安全研究”(GSAU-ZL-2015-045),“土地城市化与人口城市协调关系研究”(GSAU-ZL-2015-046)

第一作者:韦军(1994—),男,甘肃天水人,硕士研究生,研究方向为土地利用与管理。E-mail:719271684@qq.com

通信作者:刘学录(1966—),男,甘肃天水人,教授,博士生导师,主要从事土地利用管理和景观生态学研究。E-mail:liuxl@gsau.edu.cn

黄土丘陵区是一个生态—经济—社会系统构成的复合体,生态平衡、经济发展、社会进步三者相互协调是生态文明建设和可持续发展的必由之路^[1]。土地作为人类生产和生活的空间和场所,受到不同土地利用方式的影响,其性质和功能取决于各要素的综合作用,黄土丘陵区由于脆弱的自然条件、长期不合理的土地利用方式、经济发展滞后等原因,引起土地利用结构失衡,生态环境压力持续增加,导致人地矛盾加剧,生态贫困问题突出。在新时代生态文明及乡村振兴大背景下,仍然是制约“美丽中国、生态甘肃”建设的主要瓶颈。土地利用方式是区域生态环境与人类活动长期相互作用的结果,它能够为满足人类多样化的需求而提供不同的产品和服务,并直接或间接影响生态环境及经济社会发展状态,即土地具有多功能性^[2-3]。近年来,基于土地多功能视角对土地资源开发、利用及保护研究逐渐成为热点,研究土地利用功能作为认知土地利用系统、实现区域资源和社会经济可持续发展的重要手段,因此,分析黄土丘陵区土地利用功能时空演变规律及影响因素变化对于优化国土空间开发格局、生态修复及脱贫攻坚具有重要现实意义。

多功能研究最早源于农业多功能,在景观多功能及生态系统服务方面成为热点,随后扩展到土地领域,1999年FAO比较系统的提出土地支撑人类和其他陆地生态系统等10个基本功能^[4],但对土地功能概念尚未明确。2004年欧盟SENSOR项目首次提出土地多功能概念,土地利用功能是指不同土地利用方式对人类提供的私人 and 公共的产品与服务,主要分为社会、经济、环境三大功能^[5]。Helming和Pérez-Soba等将土地社会、经济、环境三大功能细分为就业、人类健康和娱乐、居住和生产空间等9项子功能,影响较广^[6]。已有研究认为,土地功能强调土地自身具有的功能,主要包括生产、环境、承载、空间等功能,而土地利用功能更侧重人类因需求对土地产生的利用活动,部分国内学者从土地利用结构与土地利用功能存在映射关系出发,将土地功能分为生产功能、生活(社会)功能和生态功能^[7-8]。国内对于土地利用功能评价多采用综合指数法^[9-10]、改进TOPSIS法^[11-12]、全排列多边形综合图示法等^[13]方法,研究尺度多集中于全国、省域、市域等中宏观行政区尺度^[14-16]。时空变化研究多采用空间自相关、GIS空间分析、三角模型等方法^[17-20],影响因素方面,孙丕苓等^[21]研究发现土地利用多功能空间特征与区域地理位置、自然禀赋、社会经济及政策因素等具有显著相关性。张一达等^[22]利用地理加权回归模型得出甘肃省市域土地利用功能空间差异主要受社会经济要素投入数量影响。总体来看,土地利用功能研究成果

丰富,但研究区多以行政区域为主,特征尺度研究缺乏^[23],地域特色显著的黄土丘陵区具有明显的特征尺度,研究其土地利用功能时空变化规律及影响因素可为特定区域土地资源优化配置提供参考。

鉴于此,本文根据土地利用功能内涵,基于“三生”视角,将其分为“生态—生产—生活”功能及6个二级功能,以陇中黄土丘陵区27个县域为基本单元研究土地利用功能演变规律。通过构建土地利用功能评价指标体系,采用综合评价法对土地利用功能进行定量测算,运用ArcGIS制图、核密度估计方法刻画土地利用功能时空格局、揭示其时序动态演进规律,并利用地理探测器对土地利用功能时空演变的驱动机制进行深入探讨,从县域单元评价土地利用功能,识别其区域差异,旨在为黄土丘陵区不同区域土地资源的科学配置及土地可持续发展决策提供可行性依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

陇中黄土丘陵区是我国黄土高原丘陵沟壑水土保持生态功能区的重点区域,也是甘肃省水土流失最严重的区域之一,包括第三副区、第四副区和第五副区3个类型区。位于甘肃省中部,景泰县、靖远县以南,六盘山以西,乌鞘岭以东,横跨定西、兰州、白银、武威、临夏、甘南6个州市,共涉及27个县区。该地区土地利用类型多样,总土地面积767.94万hm²,占全省土地总面积的18.03%,其中2017年耕地210.8万hm²,占全省耕地面积的39.18%,林地121.39万hm²,占全省林地面积的19.91%,建设用地33.77万hm²,占全省建设用地面积的32.15%。2017年区域常住人口829.33万,占全省总人口的31.78%,国内生产总值占全省的18.16%,2009—2017年GDP年均增长12.23%。黄土丘陵区地形破碎,生态环境脆弱,但随着经济社会快速发展,生产生活需求对生态环境压力骤增,生态保护与社会经济可持续发展之间的矛盾亟待解决。因此,开展黄土丘陵区土地利用功能演变研究具有典型性及重要现实意义。

1.2 数据来源

本文选择2009—2017年为研究时段,所用数据主要来源:(1)土地利用数据。来自2009—2017年各区县土地利用变更调查数据库,土地利用现状分类包括:耕地、园地、林地、草地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地及其他土地。(2)统计数据。主要来自《甘肃发展年鉴》、《甘肃农村年鉴》、《中国县域统计年鉴》(2010—2018年),主要获取人口、GDP、农业等方面数据。(3)其他缺失数据。针对个别年份缺失数据则

按照年均增长率等推算整理获取。

2 研究方法

2.1 土地利用功能及其评价指标体系

满足人类多元化的需求是土地资源开发利用的最终目的,也是土地利用功能的本质体现,十八大报告提出“促进生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的国土空间优化目标。因此,本文基于“三生”视角,将土地利用功能分为生态功能、生产功能和生活功能,并综合考虑黄土丘陵区社会经济特点及土地利用方式等因素,将其细分为 6 个二级功能。在已有研究基础上,依据代表性、综合性和数据可获得性等原则,构建黄土丘陵区土地利用功能评价指标体系(表 1)。(1) 土地生态功能是土地资源所表现出来具有保护和改善生态环境的作用与能力,如水土保持、防风固沙、涵养水源、净化环境、维护生物多样性等,是生产、生活功能的基础^[24],本研究将其定义为生态保育功能,反映黄土丘陵区土地资源在水土保持及生态涵养等方面的调节功能,选取 4 个正向指标草地覆盖率、水域湿地面积占比、森林覆盖率、地均生态系统服务价

值和 2 个负向指标耕地和建设用地面积占比、化肥施用强度表征,指标选取参考《生态环境状况评价技术规范》(2015)相关计算方法。(2) 土地生产功能是土地为人类供给工农业产品及支撑经济、交通发展的功能,主要包含农产品供给、经济发展、交通 3 个二级功能。农产品供给功能通过粮食单产、人均粮食占有量、人均猪牛羊肉占有量、人均水果蔬菜占有量及土地垦殖率表征农业基础供给功能,经济发展功能通过经济密度、二三产业比重、人均 GDP 及地均固定资产投资表征经济基础能力,交通功能通过交通运输用地面积占比表征基础交通条件。(3) 土地生活功能反映土地系统支撑人类居住、保障其就业及基础承载能力。包含社会保障、基础承载 2 个二级功能。选取万人拥有的卫生机构床位数、城镇化水平、农业从业人口密度、农村人均可支配收入和城乡收入平衡指数等表征土地资源对社会保障功能的影响,通过人口密度、人均建设用地面积表现基础承载功能。其中生态系统服务价值的测算参考刘永强等^[24]的研究,为消除数据量纲的影响,采用极值法对评价指标原始数据进行标准化处理。本文指标层及准则层权重采用熵权法(表 1),目标层采用德尔菲法。

表 1 土地利用功能评价指标体系

目标层及权重	准则层及权重	指标层及权重	指标解释	性质
生态功能 (0.400)	生态保育功能 (1.000)	草地覆盖率(0.153)	草地面积/土地总面积	+
		水域湿地面积占比(0.123)	见注(1)	+
		耕地和建设用地占比(0.215)	见注(2)	-
		森林覆盖率(0.264)	林地面积/土地总面积	+
		化肥施用强度(0.118)	化肥施用折纯量/土地总面积	-
		地均生态系统服务价值量(0.127)	生态服务价值总量/土地总面积	+
	农产品供给功能 (0.328)	粮食单产(0.231)	粮食总产量/粮食作物实际占用的耕地面积	+
		人均粮食占有量(0.157)	粮食产量/区域总人口	+
		人均猪牛羊肉占有量(0.241)	猪牛羊肉产量/区域总人口	+
		人均水果蔬菜占有量(0.250)	水果蔬菜产量/区域总人口	+
生产功能 (0.300)	土地垦殖率(0.121)	耕地面积/土地总面积	耕地面积/土地总面积	+
		经济密度(0.347)	GDP/土地总面积	+
	二三产业比重(0.183)	二三产业产值/GDP	二三产业产值/GDP	+
		人均 GDP(0.258)	GDP/区域总人口	+
	交通功能(0.237)	地均固定资产投资(0.212)	固定资产投资总额/土地总面积	+
		交通运输用地占比(1.000)	交通用地面积/土地总面积	+
		万人拥有的卫生机构床位数(0.188)	卫生机构床位数/区域总人口	+
		城镇化率(0.285)	城镇人口/区域总人口	+
	社会保障功能 (0.584)	农业从业人口密度(0.211)	农业从业人数/土地总面积	+
		农村人均可支配收入(0.173)	来自统计年鉴	+
生活功能 (0.300)	基础承载功能 (0.416)	城乡收入平衡指数(0.143)	农民人均纯收入/城镇居民均可支配收入	-
		人口密度(0.636)	区域总人口/土地总面积	+
		人均建设用地面积(0.364)	建设用地面积/区域总人口	+

注:(1) 水域湿地面积占比= $A_{wet} \times (\text{河流面积} + \text{湖泊面积} + \text{水库面积} + \text{滩涂面积} + \text{沼泽地面积}) / \text{区域面积}$,式中: A_{wet} 是水域湿地面积比的归一化系数,水土保持生态功能区的参考值为 1418.439;(2) 耕地和建设用地面积比= $A_{gid} \times (\text{水田面积} + \text{旱地面积} + \text{城镇用地面积} + \text{农村居民点面积} + \text{其他建设用地面积}) / \text{区域面积}$,式中: A_{gid} 是水域湿地面积比的归一化系数,水土保持生态功能区的参考值为 150.647。

(2) 生产功能。2009—2017 年,黄土丘陵区土地生产功能不断增强,空间上呈现以临夏市、白银区、安定区等为核心向周围递减的“核心—外围结构”。2009 年、2013 年、2017 年生产功能均值分别为 0.189,0.229,0.259,整体上生产功能处于较低水平,且提高速度缓慢,主要是区域自然资源禀赋限制了农业、经济发展水平。2009 年以来高值区主要在临夏州、白银市辖区及部分周边区县,临夏市及周围县区属于沿黄农业带,农业生产条件不断改善,日益成为全省农产品优质高产区,农产品供给功能突出。白银市市区及部分区县作为兰西城市群重要组成部分,是全国重要的石油化工、有色冶金等产业基地,支撑西北地区发展的重要增长极,区位条件优越,人力资源丰富,经济基础好,不断带动周边地区形成生产功能优势区。低值区主要位于研究区南部和西北部。南

部集中在甘南州和定西市部分县区,这些地区属于六盘山集中连片特困地区,贫困人口比例高,农业耕作方式粗放,水土流失等自然灾害频发,随着脱贫攻坚

工作的不断深入,该区域生产功能有所提升,但仍与中部地区有一定差距,应将调整农业模式,因地制宜特色产业,使经济发展与生态环境保护相互协调。

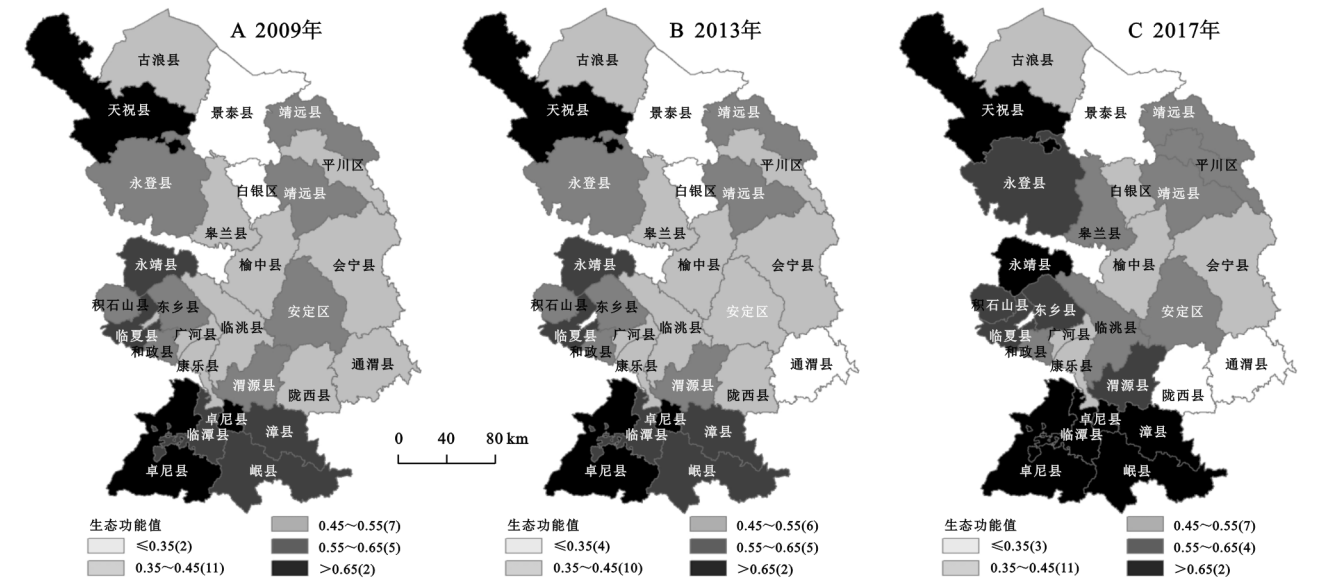


图 1 黄土丘陵区土地生态功能值时空差异

(3) 生活功能。2009 年、2013 年、2017 年生活功能均值分别为 0.176,0.212,0.268,黄土丘陵区土地生活功能明显增强,功能值低于 0.20 的区域由 2009 年的 88.89%减少到 2017 年的 22.22%,由于生产功能为生活条件的改善提供物质基础,因此生活功能与生产功能分布具有一定空间重叠性。高值区主要集中分布在生产功能高的白银区、临夏市等周边地区,总体上中北部偏

高,南部较低,分布格局稳定。临夏市、白银区作为生产功能的高值区,也是兰西城市群的重要节点城市,区域综合优势强,经济基础较好,基础服务设施体系比较完善,将作为中心城市辐射周边县区,提供优质公共服务。其他地区受区域自然条件、经济发展水平等原因,生活功能水平较低。研究期间,随着土地生产功能的提高,黄土丘陵区人民生活水平日益改善,但整体水平较低。

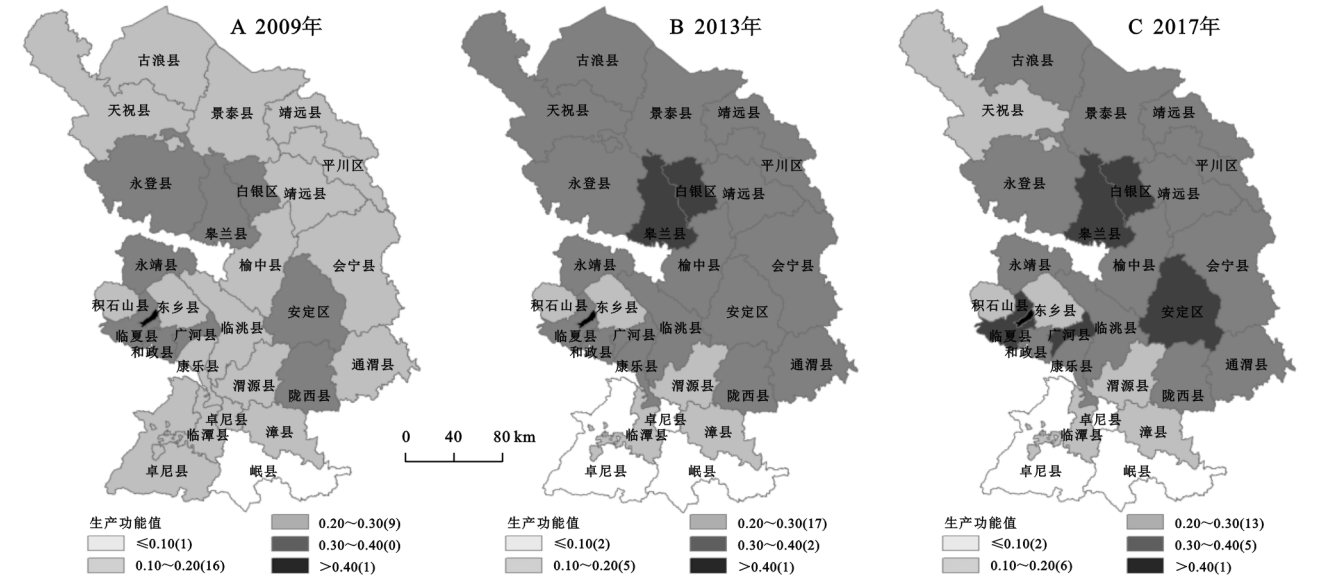


图 2 黄土丘陵区土地生产功能值时空差异

(4) 土地利用总功能。土地利用总功能是生态、生产、生活功能协同作用的结果,“三生”功能相互协调,土地利用系统才能健康有序发展。总体上,研究期间黄土丘陵区土地利用总功能水平逐步提高,三年均值分别为 0.299,0.319,0.345,但总体水平不高,

区域差异明显。临夏市是唯一总功能高于 0.50 的地区,十年间总功能低于 0.35 的区域占比由 88.89%下降到 62.96%。

总功能呈现“点块状分布”,从高值区向周围逐渐降低。中部总功能高值区由于生产、生活功能水平

高,总功能较高,天祝县、皋兰县及西南部县区由于生态功能优势突出,总功能水平相对较高。

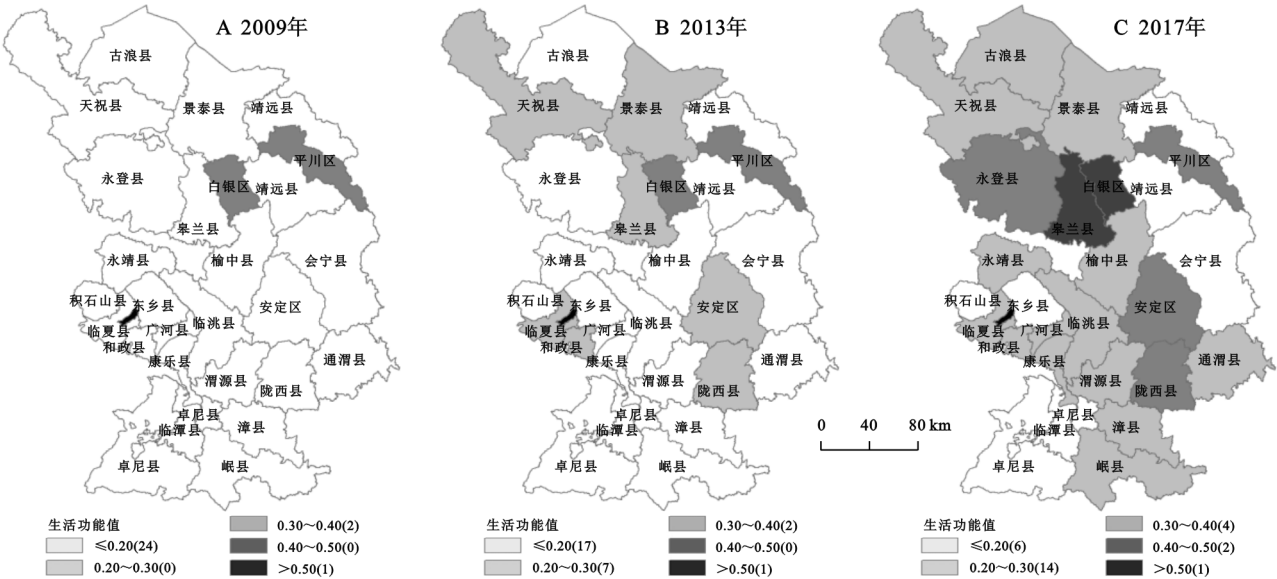


图 3 黄土丘陵区土地生活功能值时空差异

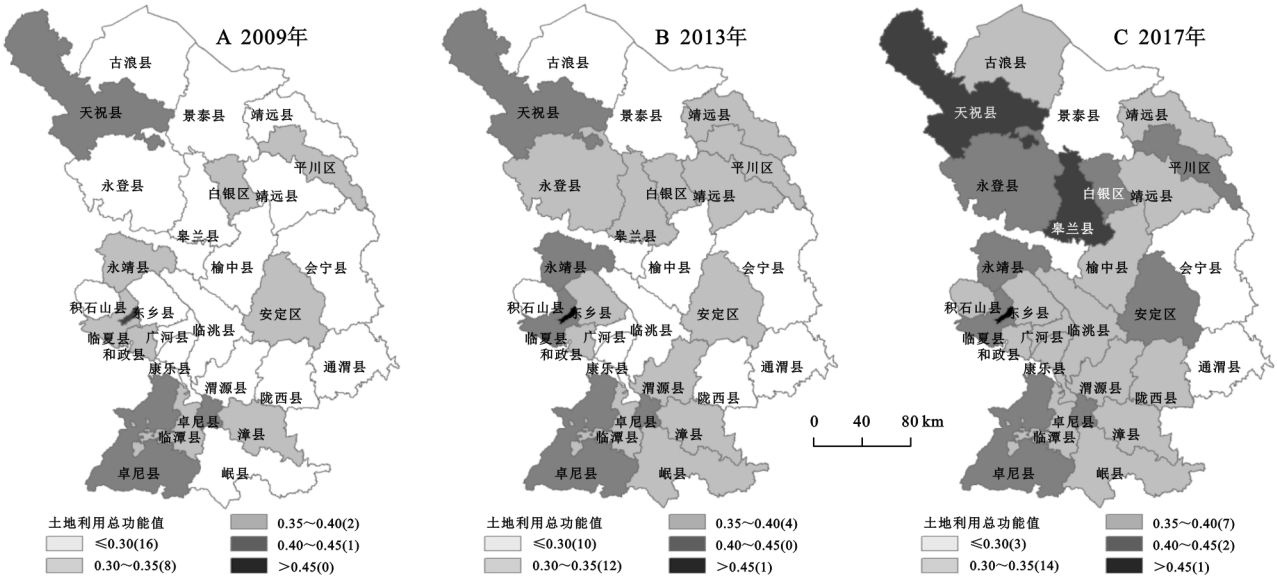


图 4 黄土丘陵区土地利用总功能值时空差异

3.2 土地利用功能动态演进分析

依据核密度计算原理,借助 Eviews 8.0 软件绘制出 2009 年、2013 年和 2017 年黄土丘陵区土地利用功能核密度曲线图(图 5),分别从生态功能、生产功能、生活功能及土地利用总功能 4 个方面来揭示土地利用功能时序动态演进规律。

3.2.1 生态功能时序动态演进特征

(1) 从曲线重心位置看,2009—2017 年略微向左移动,表明黄土丘陵区土地生态功能呈缓慢下降态势,2013—2017 年下降速度减缓。(2) 从曲线主峰波峰高度看,2009—2017 年先下降后上升,说明生态功能区域差异呈现先扩大后缩小的趋势,主要由于 2013 年之前各地区农业生产和生活建设活动频繁,导致生态环境压力增大,生态功能下降明显,2013

年后甘肃省颁布《甘肃省生态保护与建设规划》(2014—2020 年),生态保护力度不断加强,区域综合治理取得明显成效,生态功能退化速度得到有效遏制。(3) 从曲线波峰数量,研究期间以一个主峰为主,表明区域生态功能存在明显极化特征,以天祝县、卓尼县和漳县为高值区,应加大生态建设力度,保障其重要生态地位。

3.2.2 生产功能时序动态演进特征

(1) 从曲线重心位置看,2009—2013 年大幅向右移动,2013—2017 年小幅向右移动,表明黄土丘陵区土地生产功能呈不断增强趋势,但增长速度逐渐放缓。(2) 从曲线主峰波峰高度看,2009—2013 年基本稳定,2013—2017 年有所下降,表明在 2013 年后土地生产功能区域差异逐渐扩大。(3) 从曲线波峰

数量与拖尾看,2009—2017 年以一个主峰和两个轻微次峰为主,表明生产功能出现了轻微多极化特征。2009—2017 年曲线右侧拖尾呈现出加长、降薄趋势,

表明高值区生产功能持续提升,高值区县域占比有所下降,说明高值区与低值区的功能区域差异缩小,整体生产功能逐渐提高。

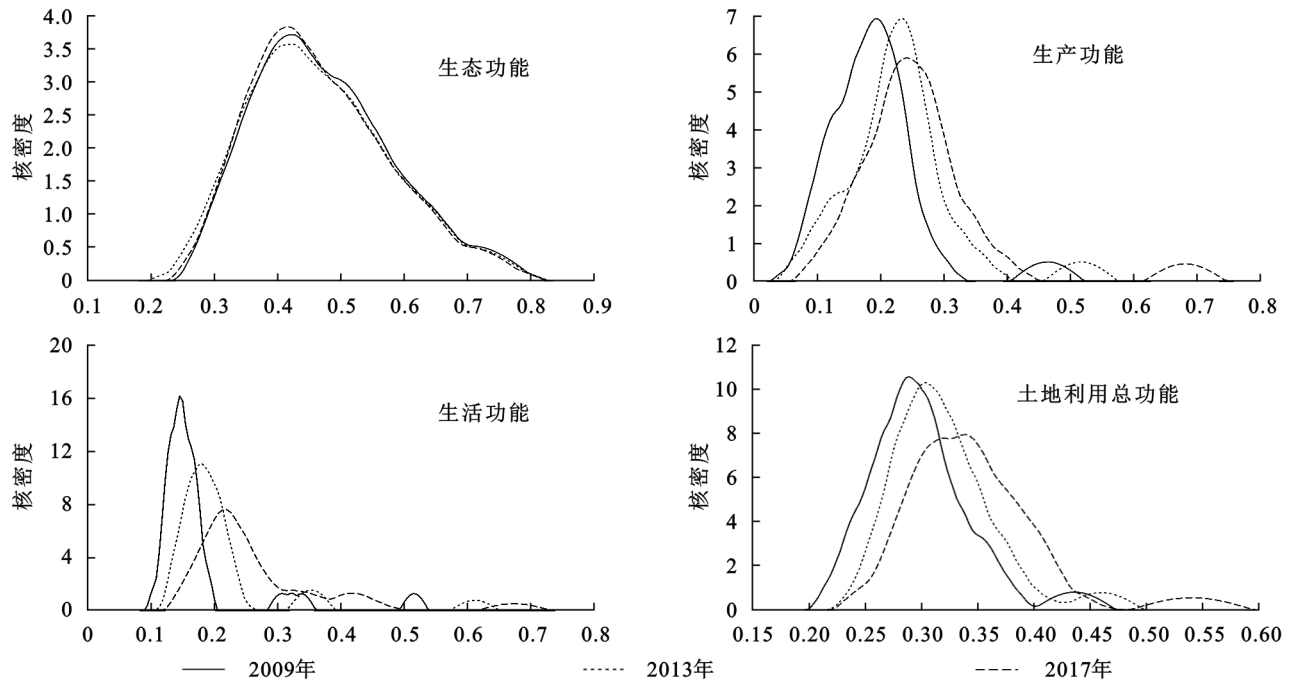


图 5 黄土丘陵区土地利用功能时序动态演进特征

3.2.3 生活功能时序动态演进特征

(1) 从曲线重心位置看,2009—2017 年大幅向右移动,表明黄土丘陵区土地生活功能呈上升趋势。(2) 从曲线主峰波峰高度看,2009—2017 年大幅下降,表明土地生活功能水平区域差异在不断扩大。(3) 从曲线波峰数量与拖尾看,2009—2017 年基本上以一个主峰和多个轻微次峰为主,表明生活功能出现极化特征。2009—2017 年右侧拖尾出现加长、降薄趋势,表明高值区生活功能继续增强,且区域差异有所减小。

3.2.4 土地利用总功能时序动态演进特征

(1) 从曲线重心位置看,2009—2017 年不断向右迁移,说明黄土丘陵区土地利用总功能水平逐年提高。(2) 从曲线主峰波峰高度看,2009—2017 年降幅逐渐增大,表明土地利用总功能区域差异上有不断扩大趋势。(3) 从曲线波峰数量与拖尾看,2009—2013 年均以一个主峰和一个次峰为主,2017 年出现双峰,表明土地利用总功能出现极化特征。2009—2017 年右侧拖尾加长、降薄,表明在此期间高值区土地利用总功能水平进一步提升,但高水平县域占比较少,区域整体水平有待提高。

3.3 土地利用功能演变的影响因素分析

3.3.1 “三生”功能影响因素探测

根据前文的分析,从土地利用功能指标体系准则层的 23 个指标入手,借助“因子探测器”揭示黄土丘陵区 2009 年、2017 年“三生”功能变化驱动因子,并计算其动态变化度,分析影响

因素类型,结果见表 2,具体分析如下:

(1) 生态功能影响因子。2009—2017 年影响生态功能强弱的因子排序分别为: $x_4 > x_1 > x_6 > x_2 > x_5 > x_3$, $x_4 > x_6 > x_2 > x_1 > x_3 > x_5$, 森林覆盖率对生态功能具有最显著影响,影响力在 0.60 以上,草地覆盖率、水域湿地面积占比及地均生态系统服务价值对生态功能具有一定影响,影响力介于 0.20 ~ 0.35;耕地和建设用地占比、化肥施用强度对生态功能影响一般。研究期间草地覆盖率、森林覆盖率及化肥施用强度影响力有所下降,主要原因是退耕还林还草、调整农业生产方式等工作初见成效,耕地和建设用地占比、地均生态系统服务价值对生态功能影响逐渐增强,原因是研究期间区域建设用地面积不断增长,土地开发强度逐年上涨,对生态功能影响加剧。

(2) 生产功能影响因子。2009—2017 年影响生产功能强弱因子排序前四位为: $x_{12} > x_{16} > x_{15} > x_7$, 生产功能受经济密度、地均固定资产投资、交通运输用地占比及人均蔬菜水果占有量影响最为显著,与二三产业比重、人均 GDP 一般显著,土地垦殖率、人均粮食占有量及人均猪牛羊肉占有量解释力较为接近,其余因素影响程度较弱,总体上社会经济因素对土地生产功能演变起到重要推动作用。研究期间人均粮食占有量、二三产业比重、人均 GDP 及地均固定资产投资影响力增强,主要是由于产业结构调整,经济发展水平相对提升,社会经济投入要素有所提高,其余

因子影响力出现不同程度减弱。

(3) 生活功能影响因子。2009—2017 年影响生活功能强弱因子排序: $x_{17} > x_{19} > x_{18} > x_{23} > x_{22} > x_{20} > x_{21}$, $x_{18} > x_{19} > x_{17} > x_{23} > x_{20} > x_{22} > x_{21}$, 生活功能受万人拥有的卫生机构床位数、城镇化率及农业从业人口密度影响最为显著,影响力在 0.70 以上,受农村人均可支配收入、人口密度及人均建设用地面积重要影响,城乡收入平衡指数影响较弱,研究期间城乡收入平衡指数、农业从业人口密度及人均建设用地面积影响力有所增强,主要原因在于随着城镇化、工业化加快,人均可支配收入逐年增加,同时生产生活建设,导致建设用地面积增加,其余因子解释力有所下降。

表 2 “三生”功能影响因素探测结果

功能类型	探测因子	2009 年		2017 年		动态 变化度/%	因素 类型
		<i>q</i> (statistic)	<i>p</i> (value)	<i>q</i> (statistic)	<i>p</i> (value)		
生态功能	x_1	0.277	0.310	0.256	0.496	−7.74	减弱型
	x_2	0.237	0.631	0.317	0.666	33.85	增强型
	x_3	0.057	0.937	0.109	0.782	93.12	增强型
	x_4	0.679	0.016	0.672	0.018	−1.06	减弱型
	x_5	0.140	0.891	0.066	0.995	−52.93	减弱型
	x_6	0.247	0.985	0.345	0.650	39.92	增强型
	x_7	0.627	0.396	0.463	0.138	−26.27	减弱型
	x_8	0.006	0.998	0.036	0.956	467.69	增强型
	x_9	0.238	0.466	0.165	0.507	−30.71	减弱型
	x_{10}	0.194	0.701	0.019	0.989	−90.43	减弱型
生产功能	x_{11}	0.245	0.265	0.142	0.569	−41.81	减弱型
	x_{12}	0.912	0.000	0.884	0.004	−3.05	减弱型
	x_{13}	0.388	0.196	0.461	0.266	18.73	增强型
	x_{14}	0.183	0.956	0.311	0.757	70.30	增强型
	x_{15}	0.813	0.061	0.832	0.018	2.35	增强型
	x_{16}	0.847	0.010	0.835	0.019	−1.33	减弱型
	x_{17}	0.858	0.002	0.763	0.033	−11.15	减弱型
	x_{18}	0.833	0.000	0.841	0.000	0.97	增强型
	x_{19}	0.851	0.008	0.780	0.070	−8.29	减弱型
	x_{20}	0.687	0.075	0.674	0.139	−1.76	减弱型
生活功能	x_{21}	0.245	0.932	0.342	0.423	39.75	增强型
	x_{22}	0.709	0.250	0.617	0.553	−13.01	减弱型
	x_{23}	0.734	0.179	0.756	0.227	2.94	增强型

表 3 “三生”功能交互探测结果

类型	生态功能		生产功能		生活功能	
	2009 年	2017 年	2009 年	2017 年	2009 年	2017 年
生态功能	0.232	0.119				
生产功能	0.836	0.844	0.389	0.665		
生活功能	0.841	0.925	0.459	0.777	0.429	0.645

4 讨论与结论

4.1 讨论

当前,甘肃省黄土丘陵区县域土地利用功能水平总体不高,区域差异显著。在生态文明建设及绿色发展背

3.3.2 土地利用总功能交互探测 利用“交互探测器”对 2009 年、2017 年土地利用总功能的“三生”子功能进行两两交互探测,计算结果见表 3。

结果表明,任意两项功能交互后对土地利用总功能解释力均为增强关系,包括双因子增强和非线性增强。2009 年生态—生产功能交互后影响力高达 0.836,生态—生活交互影响力为 0.841,生产—生活功能交互影响力为 0.459,生态功能作为生产、生活功能发展的基础,与其他功能交互后影响作用极强。2017 年生态功能与生产、生活功能两两影响力继续增强。生产—生活功能交互影响明显提高,解释力达 0.665,表明生产功能提高也会带动生活功能的增强。

景下,生态环境脆弱、土地利用方式单一、生活水平急需改善等问题凸显,协调区域生态环境保护与提高生产生活水平间的关系成为重中之重,本文基于土地利用功能角度,研究黄土丘陵区土地利用功能时空演变规律及影响因素,实现土地利用系统协调健康发展的目标,支撑黄土丘陵区经济社会与生态绿色高质量发展。

目前土地利用功能分类体系尚处于探索阶段,本文仅基于“三生”功能视角,根据黄土丘陵区特点,将其分为生态、生产、生活功能及 6 个二级功能,从县域尺度上对黄土丘陵区土地利用功能时空格局演变及

其影响因素进行了分析,同时首次将非参数核密度估计应用于土地利用功能时序变化分析,客观展现了县域土地利用功能水平变化、区域差异等状况,模型具有较强的适用性,丰富了土地功能评价的内容。但土地利用功能水平是多尺度、多种因素共同作用的结果,由于统计资料等数据限制,对于土地生态功能如何进一步划分并以指标来表征需要进一步探讨,指标体系不能全面表征土地利用功能,融合多源、多尺度数据的多层次评价指标体系的微观尺度评价将是下一步研究方向,同时土地利用功能存在明显的时空异质性,功能之间存在此消彼长的关系,从权衡与协同角度识别土地功能之间的相互作用机制,有待深入研究。

4.2 结论

(1) 2009—2017年,黄土丘陵区县域土地利用总功能呈现出增长态势,生态功能小幅下降,生产、生活功能快速提高,总体水平较低,但空间分异特征明显。生态功能在空间上呈现“西北西南高、中东部低”的空间格局,且空间分布比较稳定,高值区位于天祝县、卓尼县和漳县,低值区位于中部地区的白银区、皋兰县、古浪县及景泰县,水土流失严重的会宁县、通渭县。生产功能呈现以临夏市、白银区为核心向周围递减的“双核结构”,总体上表现出“中部高、南北低”的空间分异。高值区集中在市州的经济、政治和文化中心,低值区主要位于南部山区的贫困县。生活功能分布与生产功能具有空间重叠性。

(2) 2009—2017年,黄土丘陵区土地生产、生活功能及总功能水平都经历了上升演进特征,生态功能水平表现出下降态势,生产、生活功能区域差异持续扩大,总功能水平区域也有扩大趋势,高值区生产、生活功能持续增强、但高值区数量相对较少,存在轻微极化现象。研究表明土地利用功能水平在不同时间段的时序演进特征是其子功能在不同时段特征内相互作用的结果。

(3) “三生”功能时空变化是区域自然资源禀赋及社会经济因素综合作用下的结果。生态功能水平变化主要受森林覆盖率、草地覆盖率(减弱型因子)、耕地和建设用地占比、水域湿地面积占比及地均生态系统服务价值(增强型因子)共同作用;生产功能水平主要受经济密度、地均固定资产投资、交通运输用地占比和人均蔬菜水果占有量影响最为显著,随着时间变化人均粮食占有量、二三产业比重、人均GDP及地均固定资产投资影响力持续增强,其余因子影响力出现不同程度减弱;生活功能水平受万人拥有的卫生机构床位数、城镇化率及农业从业人口密度影响最大,研究期间城乡收入平衡指数、农业从业人口密度及人

均建设用占地面积影响力有所增强,其余因子解释力有所下降。任意两项功能交互后对总功能解释力均为增强关系,由此可见,土地利用功能水平的提高需要土地功能系统内各子系统共同发挥作用。

参考文献:

- [1] 党晶晶.黄土丘陵区生态修复的生态—经济—社会协调发展评价研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [2] 甄霖,曹淑艳,魏云洁,等.土地空间多功能利用:理论框架及实证研究[J].资源科学,2009,31(4):544-551.
- [3] 黄安,许月卿,郝晋珉,等.土地利用多功能性评价研究进展与展望[J].中国土地科学,2017,31(4):88-97.
- [4] FAO. The future of our land, facing the challenge-guidelines for integrated land use planning[M]. Rome: Fao/Unep, 1999.
- [5] Helming K, Tscherning K, König B, et al. Ex ante impact assessment of land use changes in European regions: the SENSOR approach [M] // Helming K, Pérez-Soba M, Tabbush P. Sustainability Impact Assessment of Land Use Changes. Berlin & Heidelberg, Germany: Springer, 2008.
- [6] Helming K, Diehl K, Bach H, et al. Ex ante impact assessment of policies affecting land use, part a: analytical framework[J]. Ecology and Society, 2011,16(1):634-637.
- [7] 刘超,许月卿,孙丕苓,等.土地利用多功能性研究进展与展望[J].地理科学进展,2016,35(9):1087-1099.
- [8] 梁小英,顾铮鸣,雷敏,等.土地功能与土地利用表征土地系统和景观格局的差异研究:以陕西省蓝田县为例[J].自然资源报,2014,29(7):1127-1135.
- [9] 张晓平,朱道林,许祖学.西藏土地利用多功能性评价[J].农业工程学报,2014,30(6):185-194.
- [10] 王枫,董玉祥.基于灰色关联投影法的土地利用多功能动态评价及障碍因子诊断:以广州市为例[J].自然资源学报,2015,30(10):1698-1713.
- [11] 高洁芝,郑华伟,刘友兆.土地利用多功能性评价及空间差异研究[J].土壤通报,2019,50(1):28-34.
- [12] 张一达,刘学录,范亚红,等.基于改进 TOPSIS 法的兰州市土地利用多功能性评价[J].干旱区地理,2019,42(2):444-451.
- [13] 张路路,郑新奇,原智远,等.基于全排列多边形综合图示法的唐山市土地利用多功能性评价[J].中国土地科学,2016,30(6):23-32.
- [14] 刘彦随,刘玉,陈玉福.中国地域多功能性评价及其决策机制[J].地理学报,2011,66(10):1379-1389.
- [15] 张晓琳,金晓斌,范业婷,等.1995—2015年江苏省土地利用功能转型特征及其协调性分析[J].自然资源学报,2019,34(4):689-706.
- [16] 耿卫.西安市土地利用多功能评价[D].西安:长安大学,2018.