

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20201114

· 资源利用 ·

黄土丘陵沟壑区“三生”空间的功能权衡 与协同时空格局分析^{*}

——以武山县为例

王全喜¹, 孙鹏举^{2,3}, 刘学录^{2*}, 刘永康¹, 海文静⁴, 张晓宁²(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;
3. 甘肃省自然资源规划研究院, 兰州 730000; 4. 青海大学发展规划处, 西宁 810016)

摘要 [目的] 文章分析“三生”空间的功能时空变化特征, 研究其功能间相互作用规律, 对国土空间布局优化提供参考。[方法] 以黄土高原丘陵沟壑区武山县为研究区, 基于格网尺度评价2009年和2015年“三生”功能, 运用相关性分析法和双变量局部空间自相关分析法研究“三生”功能间权衡与协同关系类型及时空格局特征。[结果] (1) 生产空间和生活空间在扩张, 其功能值分别提高1.60%和9.60%; 生态空间有所缩减, 功能值在下降1.07%。(2) 2009年和2015年生产功能与生活功能间存在协同关系, 与生态功能为权衡关系; 生活功能与生态功能间存在权衡关系。(3) 生产功能与生活功能间高—高协同区空间格局在扩大, 而低—高权衡区在缩减; 生态功能与生产功能和生活功能之间分别为低—高和高—低集聚的权衡分布, 其空间格局较为稳定。[结论] 武山县城关镇—洛门镇一体化建设的辐射带动作用明显增强, 生态空间受到挤压, 结果可为国土空间协调发展提供决策依据。

关键词 土地利用 “三生”功能 权衡与协同 双变量空间自相关 武山县

中图分类号:F301.2 文献标识码:A 文章编号:1005-9121[2020]11122-09

0 引言

在快速城镇化进程中, 经济快速发展的同时也引致了国土空间开发秩序混乱, 以及生产、生活和生态空间冲突现象加剧^[1]。2017年国务院印发的《全国国土规划纲要(2016—2030)》要求, 坚持国土开发与资源环境承载能力相匹配, 与人口资源环境相均衡, 划定城镇、农业、生态3类空间开发管制界限。基于土地利用多功能视角划分“三生”空间, 其是根据地域空间所提供的各类产品和服务功能划分的一种功能空间^[2-3]。近年来国土空间开发利用不断由强调生产空间为主向生产—生活—生态空间相协调转变^[3-4]。土地资源具有多功能性, 一个空间评价单元存在多种功能的混杂和交织^[5]。不同功能空间科学利用可在功能定量评价和综合权衡分析基础上, 优化国土空间布局, 以推进“三生”空间协调发展。

关于“三生”空间的研究主要集中于“三生”功能理论框架与分类体系、功能识别、空间优化布局^[6]和功能分区^[7]等方面。“三生”功能的科学识别是构建合理的“三生”空间格局的基础, 主要方法有土地利用的归并分类^[1]和评价体系的量化测度^[4,8]。此外, 李德一等^[9]基于千米格网尺度监测土地利用功能变化热点, 采用相关性分析法研究了不同土地利用功能之间的消涨关系, 实现了土地利用功能的空间

收稿日期: 2019-04-01

作者简介: 王全喜(1993—), 男, 甘肃天水人, 硕士生。研究方向: 土地利用与管理

※通讯作者: 刘学录(1966—), 男, 甘肃天水人, 教授、博士生导师。研究方向: 土地利用管理和景观生态学。Email: liuxl@gsau.edu.cn

*资助项目: 国家重点研发计划项目“村镇建设土地资源环境评价、承载力测算及空间管控研究”(2018YFD1100103); 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)

化。也有学者从不同尺度和角度分析空间功能的均衡性^[10]以及“三生”空间时空格局与结构特征^[11-13]。然而,事物间的关系包含权衡、协同和兼容等多种形式^[14],“三生”空间并非互斥的空间单元,且同一空间可能存在两种及以上功能,具有空间尺度差异性、功能复合性和范围动态性特征^[15],基于格网尺度研究“三生”功能间的权衡与协同关系有待开展。当前,权衡与协同关系的研究方法有相关性分析法^[9,15]、双变量局部空间自相关^[14,16]、空间相关分析法^[17]、权衡强度模型^[18]等,文章尝试采用上述方法,从格网尺度分析“三生”空间的功能集聚特征。

黄土丘陵沟壑区社会经济发展相对落后,生态脆弱、地形破碎、水土流失严重。基于此,文章研究以黄土丘陵沟壑区武山县为研究区,构建“三生”用地分类体系及功能分值,采用2009年和2015年两期土地利用现状数据,以 $0.5 \times 0.5\text{ km}$ 格网作为评价单元,综合运用相关性分析、双变量局部空间自相关分析“三生”功能之间的权衡与协同关系类型及其时空变化特征,对武山县“三生”空间格局演变和国土空间布局优化具有重要意义。

1 研究区概况与数据来源

武山县位于甘肃省东南部,处于渭河上游,地处秦岭北坡西段与陇中黄土高原西南边缘的复合地带(图1)。地势西高东低,南高北低,均向河谷川区倾斜,中部渭河地堑谷地,北部属陇中构造盆地,呈黄土侵蚀堆积地貌,南部为秦岭中低山地貌,属温带大陆性半湿润季风气候,年平均气温 10.3°C ,无霜期195d,年均日照2 331h,降水量500mm左右。2015年全县常住人口43.68万人。近年来,武山县以渭河河谷发展带为重点,城关镇—洛门镇一体化水平显著提高,城乡空间体系优化完善,实现紧凑与集约发展。

该研究采用2009年和2015年武山县土地利用现状数据。据统计,2015年武山县农用地面积为14.65万 hm^2 ,其中耕地面积为7.403 934万 hm^2 (旱地面积6.837 736万 hm^2 ,水浇地5 661.98 hm^2),建设用地面积为7 334.56 hm^2 ,未利用土地面积为4.575 905万 hm^2 。

2 研究方法

2.1 “三生”空间分类体系构建及功能评价方法

根据武山县土地利用现状,参考刘彦随等^[2]、金星星等^[11]对“三生”空间功能量化的研究成果,考虑土地利用主次功能差异、功能强弱以及完整性,采用赋分值方式(表1),以生产用地为例,分值为生产用地(5分)、半生产用地(3分)、弱生产用地(1分)以及功能缺失(0分),评价2009年和2015年武山县“三生”功能。

具体计算步骤如下:①将原始数据按表1评分进行相应地类赋值;②基于ArcGIS 10.2软件,利用Create Fishnet工具生成 $0.5\text{ km} \times 0.5\text{ km}$ 网格覆盖武山县范围(依据景观样本的面积应为斑块平均面积的2~5倍,才能较好地反映采样区周围景观的格局信息^[19],综合考虑武山县土地利用景观的平均斑块面积设置格网大小),每个网格内包含一种及以上的土地利用类型,能够较好反映区域整体特征,对于边缘切破的不规则格网,参考李建春等^[20]和崔家兴等^[13]的处理思路,最终选择武山县范围内完整的7 643个格网单元开展评价。③通过叠加赋值后的土地利用矢量数据与生成的格网,得到每个格网的功能值。

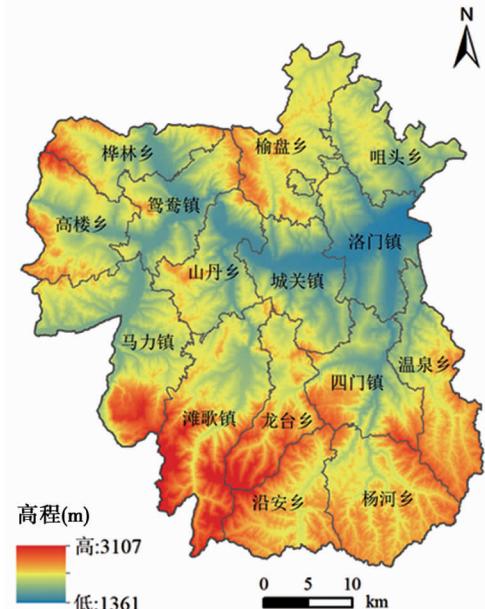


图1 研究区高程图

表 1 武山县土地利用分类体系及功能评分

一级地类		二级地类		生产功能	生活功能	生态功能
地类编码	地类名称	地类编码	地类名称			
1	耕地	12	水浇地	3	0	3
		13	旱地	3	0	3
2	园地	21	果园	3	0	3
		23	其他园地	3	0	3
3	林地	31	有林地	0	0	5
		32	灌木林地	0	0	5
		33	其他林地	0	0	5
4	草地	41	天然牧草地	1	0	5
		42	人工牧草地	1	0	5
		43	其他草地	0	0	5
10	交通运输用地	101	铁路用地	5	0	0
		102	公路用地	5	0	0
		104	农村道路	5	0	0
		107	管道运输用地	5	0	0
11	水域及水利设施用地	111	河流水面	0	0	5
		114	坑塘水面	1	0	1
		116	内陆滩涂	0	0	5
		117	沟渠	1	0	1
		118	水工建筑用地	5	0	0
12	其他土地	122	设施农用地	3	0	1
		126	沙地	0	0	1
		127	裸地	0	0	1
20	城镇村及工矿用地	202	建制镇	3	5	0
		203	村庄	3	5	0
		204	采矿用地	5	1	0
		205	风景名胜及特殊用地	3	3	0

2.2 “三生”空间的功能权衡与协同关系分析方法

权衡与协同理论在生态系统服务研究中的应用较为广泛，协同是指两种或多种生态系统服务同时增强的情形；权衡是指某些类型生态系统服务的供给，由于其他类型生态系统服务使用的增加而减少的状况^[21]。将权衡与协同的思想应用于“三生”功能研究方面，以反映“三生”功能间相互增益或此消彼长的协同与权衡关系。该研究通过相关性分析研究“三生”功能间的权衡与协同关系，并借助双变量空间自相关分析“三生”功能协同与权衡关系的时空格局变化特征。

相关性系数可识别权衡与协同关系的类型及其强弱变化，具体表现为在一定的显著水平下，相关系数为正说明两种功能间存在协同关系，为负说明存在权衡关系。空间自相关体现了空间依赖的一种重要形式，反映研究对象与其空间位置间的相关性^[16]，包括全局空间自相关和局部空间自相关，而该研究探讨不同功能间的权衡与协同关系的空间变化特征，可借助双变量局部空间自相关结果中的不同集聚类型反映权衡区或协同区，具体含义为：高—高和低—低集聚类型均代表功能高值和低值空间关联性大的区域，表示相邻格网的功能间为协同区；高—低与低—高集聚类型分别代表功能高—低值和低—高值空间关联性大的区域，表示相邻格网的功能间为权衡区；不显著区则为独立关系。具体公式为^[16]：

$$I = \frac{X_i^k - \bar{X}_k}{\sigma^k} \sum_{j=1}^n \left[W_{ij} \frac{X_j^l - \bar{X}_l}{\sigma^l} \right] \quad (1)$$

式(1)中， I 表示双变量局部空间自相关系数； X_i^k 表示格网 i 第 k 项功能值； X_j^l 表示格网 j 第 l 项功

能的观测值; \bar{X}_k 、 \bar{X}_I 分别表示第 k 项和第 I 项功能的平均值; σ^k 、 σ^I 分别表示第 k 项和第 I 项功能值的方差; n 为研究区格网个数; W_{ij} 为权重矩阵。该研究采用 Geoda 软件, 空间权重以 Rook 邻接关系原则确定。

3 结果与分析

3.1 “三生”空间的功能时空特征

3.1.1 生产功能时空变化特征

2015 年武山县生产用地面积为 9.361 296 万 hm^2 , 比 2009 年增加 332.20 hm^2 , 扩张 0.17%; 2009 年生产功能总分值为 1.166 703 万, 2015 年生产功能总分值为 1.185 364 万, 提高了 1.60%。由图 2 可知, 2009 年和 2015 年武山县生产功能高值区均集中在中部渭河地堑谷地区, 该区域为武山县主要的经济发展区域, 城镇化水平高, 陇海铁路、国道 310 线东西横贯, 区位优越, 交通便利, 承载了大量二、三产业生产活动, 也是高肥稳产型耕地所在区域。2009—2015 年武山县生产功能大部分区域未发生变化, 生产功能提高区域和生产功能高值区分布范围基本一致, 功能提高区域主要分布在中心城区, 包括城关镇、洛门镇等, 生产功能降低区极少。总体而言, 为了满足经济发展和城镇化进程的需求, 武山县生产空间在扩张, 以渭河流域为重点发展带, 不断推进城关镇—洛门镇一体化建设, 生产用地持续转入, 表现为城关镇和落门镇生产功能基本集中连片。

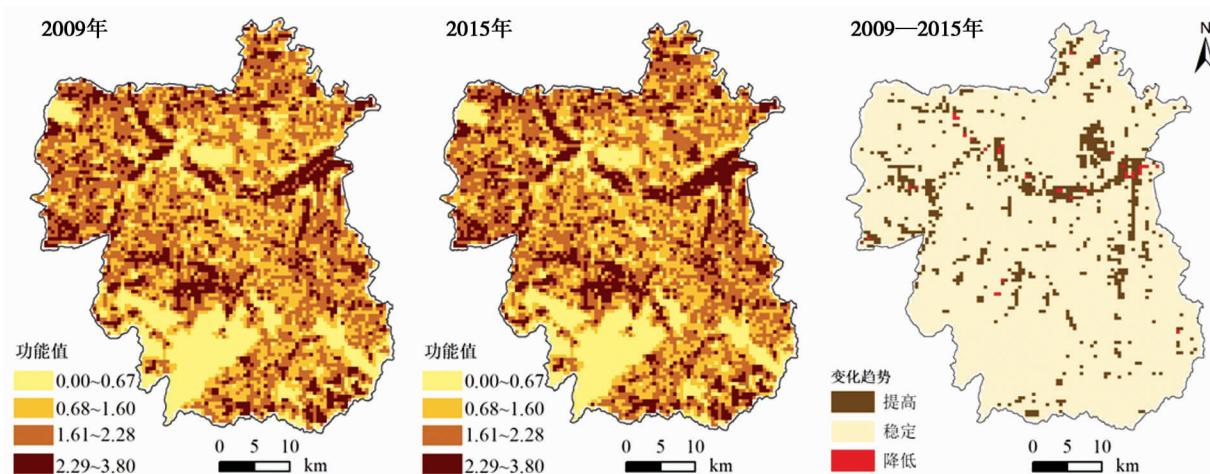


图 2 2009 年和 2015 年武山县生产功能空间格局及变化趋势

3.1.2 生活功能时空变化特征

2015 年武山县生活用地面积为 6 737.19 hm^2 , 比 2009 年增加 283.02 hm^2 , 扩张了 0.14%; 2009 年生活功能总分值为 2 184.62, 2015 年生活功能总分值为 2 394.32, 提高 9.60%。由图 3 可知, 生活功能高值区比较分散, 主要分布在马力镇、滩歌镇和四门镇等城镇地域空间。另外, 生活功能高值区域基本与农村居民点用地分布现状一致, 生活功能提高的区域主要分布在中心城区, 与生活功能高值区域较为一致。2009—2015 年武山县生活功能值在提高, 增加的区域主要为各乡镇地域空间, 其中城关镇、洛门镇和滩歌镇比较明显。生产功能降低区域分布零散, 大部分区域生活功能值保持稳定。这主要是由于武山县城镇功能不断凸显, 县城空间拓展迅速, 公共服务能力大幅提升, 加上农村居民点整治工作开展综合作用的结果。

3.1.3 生态功能时空变化特征

2015 年武山县生态用地面积为 19.23 万 hm^2 , 比 2009 年减少 368.91 hm^2 , 缩减 0.18%; 2009 年生态功能总分值为 2.847 188 万, 2015 年生态功能总分值为 2.816 647 万, 比 2009 年降低 1.07%。由图 4 可知, 生态功能表现出明显的南部高于北部的状态, 南部浅林区是渭河的重要水源补给区, 在渭河流域生态

系统中具有极为重要的地位，是重点保护的区域。生态功能高值区域与卧牛山森林公园、老君山森林公园、东北部水帘洞风景区、东南草川大草原等分布位置相一致。2009—2015 年武山县生态总功能在下降，但大部分区域为稳定状态，提高的区域分布零散，降低区域主要在县城周边、洛门镇、滩歌镇和山丹镇等镇所在区域。由于武山县中心城区不断向外扩张，城关镇—洛门镇一体化建设加快，加上该区域各类交通运输线路经过，二、三产业发展速度相对较快，建设不断占用耕地，制约着生态功能的发挥。但是，武山县在发展的过程中大力开展造林绿化活动，切实加强资源管护，以建设生态流域为主，在渭河南北两岸浅山干旱区进行造林，开展了天定高速沿线生态绿化工程，使渭河流域高速公路沿线生态景观有了明显改变，相应区域的生态功能值较高，与实际情况相符合。

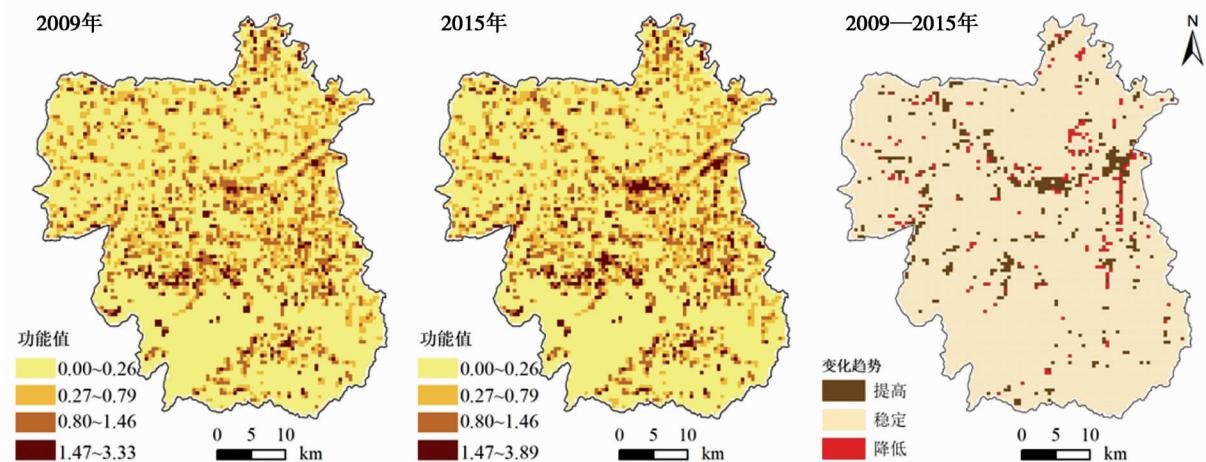


图 3 2009 年和 2015 年武山县生活功能空间格局及变化趋势

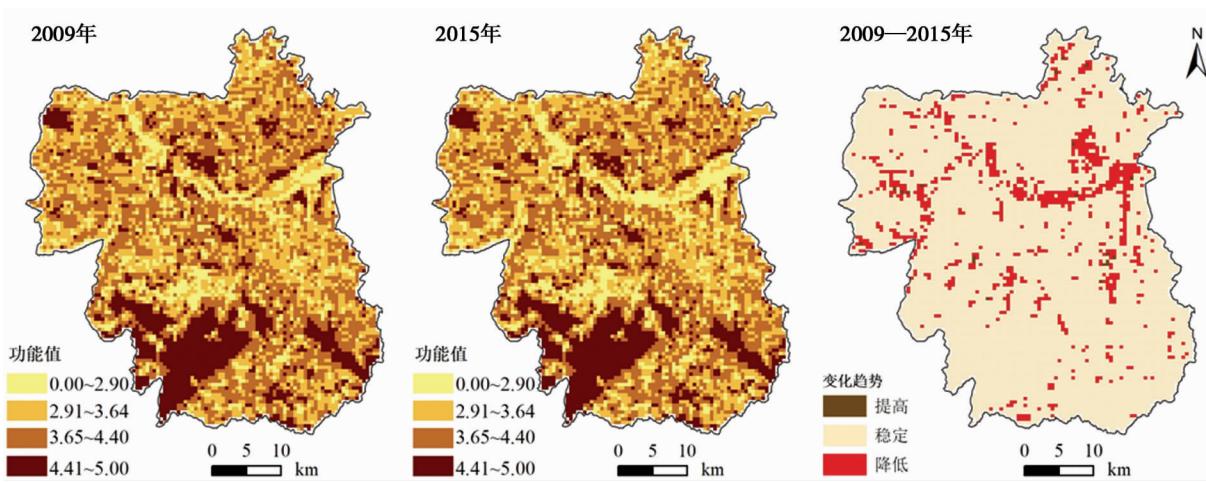


图 4 2009 年和 2015 年武山县生态功能空间格局及变化趋势

3.2 “三生”空间的功能权衡与协同关系的时空特征分析

3.2.1 “三生”空间的功能权衡与协同关系的时间变化

基于 SPSS 19.0 软件计算各功能之间的相关系数，判断“三生”功能权衡和协同关系类型及强弱变化。由表 2 可知，在 0.01 水平上，武山县生产功能与生活功能之间存在显著的正相关性，与生态功能之间存在显著的负相关性，说明武山县生产功能与生活功能之间存在协同关系，生态功能与生产功能和生活功能之间分别存在权衡关系。2009—2015 年生产功能与生活功能始终是协同关系，两者相关系数由 2009

年的0.380增加为2015年的0.401，协同程度在增强；生产功能和生态功能始终表现为权衡关系，两者相关系数由2009年的-0.848变为-0.846，权衡程度略有减弱。生活功能与生态功能表现为权衡关系，两者相关系数由2009年的-0.660变为-0.690，权衡程度在增强。整体上，武山县生产功能与生活功能之间的协同关系比生态功能与生活功能、生产功能之间的权衡关系弱，说明2009—2015年武山县生活空间扩大的同时生产活动也在加强，而生态空间受到一定的影响。

表2 2009年和2015年武山县“三生”功能间的相关系数

	生产功能		生活功能		生态功能	
	2009	2015	2009	2015	2009	2015
生产功能	1.000	1.000	0.380 **	0.401 **	-0.848 **	-0.846 **
生活功能	0.380 **	0.401 **	1.000	1.000	-0.660 **	-0.690 **
生态功能	-0.848 **	-0.846 **	-0.660 **	-0.690 **	1.000	1.000

注：显著性检验的sig.值均为0.000；**表示在0.01水平（双侧）上显著相关

3.2.2 “三生”空间的功能权衡与协同关系的空间变化

通过双变量空间自相关分析进一步识别不同格网单元上各类功能间权衡与协同关系的空间分布特征。2009年和2015年武山县生产功能与生活功能间均表现出高—高协同类型，分布于渭河流域附近以及滩歌镇、马力镇等镇，与农村居民点用地的分布情况基本一致，且协同区在扩大，而高—低和低—高权衡类型零散分布，权衡区在缩减（图5）。两者协同区分布与功能提高区域分布较为一致，生活功能的变化与人类生活生存息息相关，也与区域自身条件有关，当生活功能区向外围扩张，人类将加强生活区周围的生产活动，表现为这些区域生产功能提高。

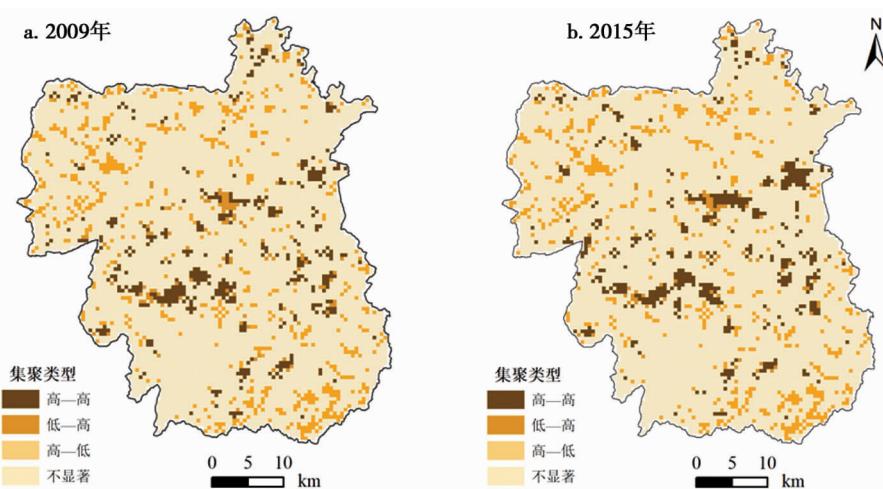


图5 2009年和2015年武山县生产—生活功能权衡与协同关系的空间分布

2009年和2015年武山县生产功能与生态功能间主要为低—高和高—低集聚的权衡类型，分布于西南部和渭河流域周边等区域（图6）。受黄土丘陵沟壑区自然条件的制约，武山县权衡类型变化不明显区域土地利用类型以林地居多，其次是草地，是重点保护的生态功能区，以提供生态功能为主。另外，渭河流经区域也是武山县主要交通线路经过区，生态用地不可避免地让步于生产用地。

2009年和2015年武山县生活功能与生态功能间主要为低—高和高—低集聚的权衡关系，分布于南部林区、草川大草原和渭河地堑谷等区域，高—高和低—低集聚类型零散分布，且其空间格局较稳定（图7）。由于武山县卧牛山森林公园、东南部草川大草原等是重点生态保护区域，这些区域生态功能较高，出现连片的权衡分布现象。随着人们生存需求和社会经济的发展，中部渭河地堑谷区、中心城区是主要的

生活区，必然需要一定的生活用地转入，生活空间的不断扩大，生态空间不可避免的被挤压。

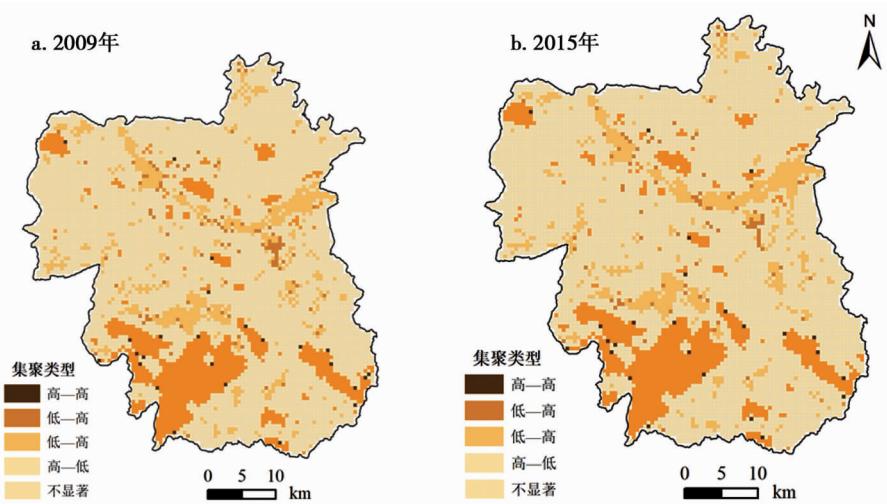


图 6 2009 年和 2015 年武山县生产—生态功能权衡与协同关系的空间分布

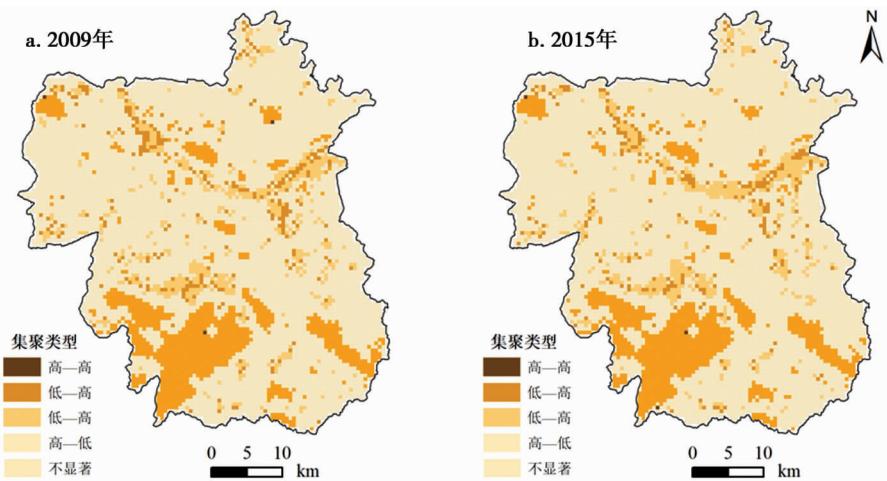


图 7 2009 年和 2015 年武山县生活—生态功能权衡与协同关系的空间分布

4 结论与讨论

(1) 2009—2015 年武山县生产用地在扩张，生产功能高值区主要集中于中心城区以及陇海铁路、国道 310 线经过区域，生产功能大部分区域处于稳定状态。生活用地也在扩张，生活功能高值区主要集中于城关镇、马力镇、滩歌镇和四门镇等镇，与生活功能提高区域分布较为一致。生态用地在缩减，相应的生态功能在下降，其功能值表现出南部高于北部的状态。

(2) 2009 年和 2015 年武山县生产功能与生活功能间均存在显著的正相关性，生态功能与生产功能、生活功能之间存在显著的负相关性，表明生产功能与生活功能之间存在协同关系，生产功能与生态功能和生活功能与生态功能之间存在权衡关系。整体上，武山县“三生”功能之间协同关系比权衡关系弱。

(3) 在空间变化方面，2009—2015 年武山县生产功能与生活功能间表现为高—高协同类型，分布于渭河流域附近以及滩歌镇、马力镇等镇，协同区有所扩大，而高—低和低—高权衡类型分布零散，且权衡区在缩减。生产功能与生态功能之间主要为低—高和高—低集聚的权衡分布，在西南部以及沿交通线路等区域分布，权衡区变化不明显。生活功能与生态功能间主要为低—高和高—低集聚的权衡关系，权衡区分

布于南部浅林区、草川大草原和渭河地堑谷等区域，高—高和低—低集聚类型分布零散，协同区空间分布较稳定。

该研究通过建立“三生”空间土地利用分类及评价体系，基于格网单元定量评价武山县“三生”功能，探讨了武山县“三生”功能时空变化特征，明确了土地利用功能的相互作用规律。研究结果表明，生产空间和生活空间扩张，生态空间缩减，这与金星星等^[12]和崔家兴等^[14]的结果基本一致，运用双变量空间自相关定量分析了功能间权衡与协同关系的空间分布，可为空间功能分区提供参考。另外，该研究重点关注武山县本轮土地利用总体规划到中期的实施情况，分析规划期内“三生”空间演变特征，未能采用长时间序列数据进行分析。在功能评价方法方面，仅仅对主导性功能考虑，需要深化识别和定量分析“三生”空间格局及其功能，仍需探讨更为科学合理的方法，精准服务武山县国土空间优化与分区。

针对“三生”空间功能格局变化分析结果，为促进武山县“三生”空间协调发展，提出如下建议。

(1) 科学合理编制国土空间规划，并完善国土空间开发保护机制，保障各项用地的供给。考虑武山县以渭河河谷发展带为重点，建设城关镇—洛门镇一体化的特点，凸显各城镇空间功能。同时，应切实加强资源管护，以建设生态流域为主，在渭河南北两岸浅山干旱区进行造林，提高渭河流域高速公路沿线生态景观功能，提高生态空间数量和质量，优化功能间权衡与协同关系。

(2) 充分结合武山县中部渭河地堑谷、北部陇中盆地、南部秦岭中低山地貌的特点，开发与保护压力较大，应充分利用土地资源，提升生态系统水土保持功能，高效集约利用耕地资源，使生态建设与生产发展协调发展。

(3) 控制城镇空间的扩张速度，挖掘存量城镇建设用地，达到开发与保护并进的目的，优化土地利用结构，转向高质量发展。

参考文献

- [1] 廖李红, 戴文远, 陈娟, 等. 平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析. 资源科学, 2017, 39 (10): 1823–1833.
- [2] 刘继来, 刘彦随, 李裕瑞. 中国“三生”空间分类评价与时空格局分析. 地理学报, 2017, 72 (7): 1290–1304.
- [3] 黄金川, 林浩曦, 漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展. 地理科学进展, 2017, 36 (3): 378–391.
- [4] 邹利林, 王建英, 胡学东. 中国县级“三生用地”分类体系的理论构建与实证分析. 中国土地科学, 2018, 32 (8): 59–66.
- [5] 李广东, 方创琳. 城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析. 地理学报, 2016, 71 (1): 49–65.
- [6] 朱媛媛, 余斌, 曾菊新, 等. 国家限制开发区“生产—生活—生态”空间的优化——以湖北省五峰县为例. 经济地理, 2015, 35 (4): 26–32.
- [7] 金贵, 邓祥征, 张倩, 等. 武汉城市圈国土空间综合功能分区. 地理研究, 2017, 36 (3): 541–552.
- [8] 柳冬青, 马学成, 巩杰, 等. 流域“三生”空间功能识别及时空格局分析——以甘肃白龙江流域为例. 生态学杂志, 2018, 37 (5): 1–10.
- [9] 李德一, 张树文, 吕学军, 等. 基于栅格的土地利用功能变化监测方法. 自然资源学报, 2011, 26 (8): 1297–1305.
- [10] 边振兴, 程雪峰, 于淼, 等. 沈抚连接带“三生”空间的功能均衡性分析. 中国农业资源与区划, 2016, 37 (12): 84–92.
- [11] 金星星, 陆玉麒, 林金煌, 等. 闽三角城市群生产—生活—生态时空格局演化与功能测度. 生态学报, 2018, 38 (12): 4286–4295.
- [12] 李明薇, 郑雨旱, 陈伟强, 等. 河南省“三生”空间分类与时空格局分析. 中国农业资源与区划, 2018, 39 (9): 13–20.
- [13] 崔家兴, 顾江, 孙建伟, 等. 湖北省三生空间格局演化特征分析. 中国土地科学, 2018, 32 (8): 67–73.
- [14] 柳冬青, 张金茜, 巩杰, 等. 陇中黄土丘陵区土地利用强度—生态系统服务—人类福祉时空关系研究——以安定区为例. 生态学报, 2019, 39 (2): 1–11.
- [15] 扈万泰, 王力国, 舒沐晖. 城乡规划编制中的“三生”空间划定思考. 城市规划, 2016, 40 (5): 21–26.
- [16] 朱庆莹, 胡伟艳, 赵志尚. 耕地多功能权衡与协同时空格局的动态分析——以湖北省为例. 经济地理, 2018, 38 (7): 143–153.
- [17] 王成, 彭清, 唐宁, 等. 2005—2015年耕地多功能时空演变及其协同与权衡研究——以重庆市沙坪坝区为例. 地理科学, 2018, 38 (4): 590–599.
- [18] 方莹, 王静, 孔雪松, 等. 耕地利用多功能权衡关系测度与分区优化——以河南省为例. 中国土地科学, 2018, 32 (11): 57–64.
- [19] 王国杰, 廖善刚. 土地利用强度变化的空间异质性研究. 应用生态学报, 2006, 17 (6): 4611–4614.
- [20] 李建春, 袁文华. 基于GIS格网模型的银川市土地生态安全评价研究. 自然资源学报, 2017, 32 (6): 988–1001.

[21] 戴尔阜, 王晓莉, 朱建佳, 等. 生态系统服务权衡: 方法、模型与研究框架. 地理研究, 2016, 35 (6): 1005–1016.

ANALYSIS ON SPATIAL-TEMPORAL PATTERN OF TRADE-OFFS AND SYNERGIES OF "PRODUCTION-LIVING-ECOLOGICAL" FUNCTION IN LOESS HILLY AND GULLY REGION^{*}

—A CASE STUDY OF WUSHAN COUNTY

Wang Quanxi¹, Sun Pengju^{2,3}, Liu Xuelu²*, Liu Yongkang¹,
Hai Wenjing⁴, Zhang Xiaoning²

- (1. College of Management, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China;
2. College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China;
3. Natural Resources Planning and Research Institute of Gansu Province, Lanzhou 730000, Gansu, China;
4. Development Planning Office, Qinghai University, Xining 810016, Qinghai, China)

Abstract This research is intends to study the functional evolution characteristics of the production-living-ecology spaces, analyze the interaction between its functions, so as to provide references for the optimization of the land space layout. Taking Wushan county in the hilly and gully region of the Loess Plateau as the study area, this research used the grid scale to evaluate the production-living-ecological function in 2009 and 2015, and used the correlation analysis and bivariate local spatial autocorrelation analysis to analyze the types of trade-off and synergies and the characteristics of the spatial-temporal pattern. The results showed that: (1) The production space and living space were expanding, the functional value was increasing, appearing production function and living function increased by 1.60% and 9.60% respectively. The ecological space was reduced, and the functional value was declining, dropping by 1.07%. (2) In 2009 and 2015, there was a synergistic relationship between production function and living function, the trade-off relationship between production function and ecological function, and the trade-off relationship between living function and ecological function. (3) In space, the spatial pattern of high-high synergy between production function and living function was expanding, while the low-high trade-off area was shrinking. The trade-off distribution between ecological function and production function and living function was low-high and high-low agglomeration, and its spatial pattern was relatively stable. It concludes that the radiation belts of the integrated construction of Chengguan town-Luomen town in Wushan county are obviously enhanced, which makes the ecological space affected. This study could provide a decision-making basis for the coordinated development of production-living-ecological space.

Keywords land use; production-living-ecological function; trade-offs and synergies; bivariate spatial autocorrelation; Wushan county