

陕西省 2000—2018 年土地利用时空演变及驱动因素

孙善良, 张小平, 张志斌

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: [目的] 分析陕西省土地利用变化及驱动因素, 为促进该省土地资源综合优化配置和社会经济可持续发展提供科学依据。[方法] 基于 2000、2010 和 2018 年陕西省的土地利用遥感监测数据, 通过土地利用动态度、土地利用转移矩阵、空间自相关等方法定量分析陕西省土地利用的时空演变特征, 并利用主成分分析法对其土地利用变化的驱动力进行分析。[结果] 各土地利用类型面积均有不同程度的变化。其中, 耕地面积下降最多, 工矿建设用地面积增速最快, 水域面积变化最小。土地利用类型受自然条件的影响, 空间差异性显著。农村居民用地、未利用地、耕地、林地、草地的空间集聚性强, 水域、城镇居民用地和工矿生产用地的空间集聚性相对较弱, 草地、工矿建设用地形成新的集聚区。陕北高原和关中平原土地利用转移相对频繁, 陕南山区土地利用转换相对较小。榆林市和延安市主要表现为耕地向林地和草地转移以及未利用地和草地向工矿建设用地转移, 西安市主要表现为耕地和农村居民用地向城镇居民用地转移。土地利用变化的主要因素是城市化发展过程中社会经济的发展以及产业结构的调整。[结论] 陕西省土地利用变化区域差异较大, 应因地制宜制定土地利用规划, 促进人口—经济—生态之间的协调发展。

关键词: 土地利用变化; 土地利用转型; 驱动因素; 陕西省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2021)04-0339-11

中图分类号: F301.2

文献参数: 孙善良, 张小平, 张志斌. 陕西省 2000—2018 年土地利用时空演变及驱动因素[J]. 水土保持通报, 2021, 41(4): 339-349. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2021.04.044; Sun Shanliang, Zhang Xiaoping, Zhang Zhibin. Spatiotemporal changes and driving forces of landuse in Shaanxi Province during 2000—2018 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(4): 339-349.

Spatiotemporal Changes and Driving Forces of Landuse in Shaanxi Province During 2000—2018

Sun Shanliang, Zhang Xiaoping, Zhang Zhibin

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

Abstract: [Objective] The land use change and its driving factors in Shaanxi Province were studied to provide a scientific basis for promoting the comprehensive optimization of land resources and sustainable social and economic development. [Methods] Based on the remote sensing monitoring data of land use in Shaanxi Province in 2000, 2010, and 2018, the spatiotemporal evolution characteristics of land use in Shaanxi Province were quantitatively analyzed through methods such as land use dynamics, land use transfer matrix, and spatial autocorrelation, and principal component analysis method to explore the driving forces of the land use change. [Results] The area of each land use type changed in different degrees, among which, the area of cultivated land decreased the most, the area of industrial and mining construction land increased the fastest, and the area of water changed the least. Land use types were affected by natural conditions, and the spatial differences were significant. The spatial agglomeration of rural residential land, unused land, cultivated land, woodland, and grassland was strong, while the spatial agglomeration of water, urban residential land, and industrial and mining production land was relatively weak. Grassland and industrial and mining construction land form new agglomeration areas. The land use transfer in the Northern Shaanxi Plateau and Guanzhong Plain was relatively frequent, and the land use conversion change in the mountainous area of Southern

收稿日期: 2020-11-05

修回日期: 2021-05-13

资助项目: 国家自然科学基金地区项目“西北内陆新区演化与中心城市空间重构的互动机理和发展模式研究: 以兰州市为例”(D010203)

第一作者: 孙善良(1996—), 男(汉族), 河南省安阳市人, 硕士研究生, 研究方向为区域环境与生态产业。Email: 18003722482@163.com。

通讯作者: 张小平(1967—), 女(汉族), 甘肃省会宁县人, 教授, 硕士生导师, 主要从事区域环境与生态产业研究。Email: zxp296@163.com。

Shaanxi Province was relatively small. The transfer of cultivated land to woodland and grassland, and the transfer of unused land and grassland to industrial and mining construction land were obvious in Yulin and Yan'an City, and the transfer of cultivated land and rural residential land to urban residential land was obvious in Xi'an City. The main factors of land use change were the development of social economy and the adjustment of industrial structure in the process of urbanization. [Conclusion] The regional differences of land use change in Shaanxi Province are great, and land use planning should be formulated according to local conditions, so as to promote the coordinated development of population-economy-ecology.

Keywords: land use change; land use transition; driving factors; Shaanxi Province

土地是人类社会经济活动的主要空间载体,土地利用/覆被变化是人类与自然相互作用状况的重要表征^[1-2]。土地利用变化关系到气候、生物多样性、资源环境可持续利用、能量循环等诸多全球环境变化的核心问题,是全球环境变化领域研究的前沿和热点^[3]。目前,国内外的研究主要集中在土地利用的分布特征^[4]、驱动因素^[5-6]、预测和模型构建^[7-8]、生态环境效应等^[9-10]方面。随着城市化和工业化的快速发展,城镇用地不断增加,土地供需矛盾日益突出,因此,如何高效、合理利用土地成为实现区域可持续发展的关键问题^[11]。而土地利用变化驱动因素研究可以揭示土地利用变化的原因、内部机制与基本过程,对实现地区生态经济系统的可持续发展具有重要意义。已有研究表明,土地利用变化受自然和人文因素的综合影响^[12-15]。人为因素如政策调控^[16]、经济驱动^[17]、城镇化^[18]、人口规模等^[19]是土地利用变化的主导因素,而自然条件如气候^[20]、海拔等^[21]则起促进作用。研究区域则涵盖各级行政区^[5,10,12-13]、经济区^[19]、流域^[22]、生态脆弱区等^[23]多种尺度。陕西省土地利用的相关研究也备受关注,国内许多学者以陕西省或局部区域为研究对象进行了大量研究,如耿甜伟^[24]、岳杍筱等^[25]基于陕西省的土地利用数据,对其生态系统服务价值进行分析;卓静等^[26]研究发现,陕北地区耕地面积下降且主要转化为林地、草地,生态恢复工程的实施是土地利用变化的主要因素,气候变化起辅助作用。马新萍等^[27]对西安地区的土地利用进行研究发现,建设用地、草地面积增加,耕地、林地、水域面积减少,政策因素是土地利用变化的主要驱动力。现有研究侧重于生态环境质量及各个地区的土地利用变化及驱动因素分析,缺乏对陕西省整体的综合研究以及三大区之间的比较研究,土地利用变化的区域差异性有待探索。

陕西省地貌类型复杂,气候类型多样,区域经济发展不平衡,土地资源利用的区域化程度也差异明显。作为西北地区的门户,处于“一带一路”的重要节点和向西开放的前沿位置,土地资源利用结构变化过程研究对西北地区人地关系具有较强的典型性和重要的代表性。并且随着社会经济发展和城市化水平

不断提高,土地利用特征进一步发生变化,导致其发生变化的驱动因素有待深入探讨。因此,本文基于2000,2010和2018年土地利用遥感监测数据,利用土地利用动态度、土地利用转移矩阵、空间自相关等方法从多个尺度分析陕西省土地利用的时空演变特征,并利用主成分分析法对其土地利用变化的驱动力进行探索。以期促进陕西省土地资源综合优化配置和社会经济可持续发展,为研究西北地区的土地利用提供科学参考。

1 研究区概况

陕西省位于我国西北地区,下辖10个地级市,107个县(区、县级市),总面积 $2.06 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。地域狭长,横跨3个气候带,南北气候差异较大。地形复杂多样,包含高原、平原、盆地和山地等,地势呈南北高、中间低的特点,按照地形特征可将陕西省划分为关中平原(西安市、宝鸡市、咸阳市、铜川市、渭南市)、陕北黄土高原(榆林市、延安市)和陕南秦巴山区(汉中市、安康市、商洛市)。关中平原地势平坦,土地利用类型以耕地、建设用地为主,依托政策、技术、产业等优势,社会经济发展水平最高,在城镇化过程中存在资源开发强度过大,建设用地侵占优质耕地,土地利用集约化水平较低等问题。陕北属于黄土高原区,生态脆弱,土地利用类型以草地、耕地为主,水土流失、土地沙漠化等问题严峻,是退耕还林还草政策实施的重点区域,近年来依托丰富的矿产资源经济得到较快发展。陕南主要为山地丘陵,土地利用类型主要为林地、草地,是我国重要的生态保护区,受地理位置和地形条件的限制,社会经济发展水平较低,开发程度有限。三大区之间区域差异显著,社会经济发展不平衡,研究其土地利用变化及驱动因素有利于统筹谋划陕西省国土空间开发的战略格局以及科学规划三大区域的空间开发导向。

2 数据来源

陕西省土地利用数据(2000,2010和2018年)以及数字高程模型(DEM)90 m数据来源于中国科学

院资源环境科学数据中心。其中土地利用数据包括耕地、林地、草地、水域、城乡居民建设用地、未利用地 6 类(表 1),分辨率为 30 m×30 m,土地利用/覆被类型遥感解译精度为 95.7%^[28]。为加强对建设用地的

分析,本文将城乡建设用地进行细分(表 1)。土地利用变化评价指标体系中(表 6)有关人口、经济、产业结构和农业现代化水平等指标数据均来自于 2001—2019 年陕西省统计年鉴。

表 1 土地利用分类体系

一级地类	二级地类
耕地	水田、旱地
林地	有林地、灌木林地、疏林地、其他林地
草地	高覆盖度草地、中覆盖度草地、低覆盖度草地
水域	河渠、湖泊、水库坑塘、冰川和永久积雪地、海涂、滩地
未利用地	沙地、戈壁、盐碱地、沼泽地、裸土地、裸岩石砾地
城镇居民用地	大、中、小城市及县镇以上建成区用地
农村居民用地	独立于城镇以外的农村居民点
工矿建设用地	厂矿、大型工业区、油田、盐场、采石场等用地以及交通道路、机场及特殊用地

3 研究方法

3.1 土地利用变化动态度

3.1.1 单一土地利用变化动态度 单一土地利用变化动态度,主要用于计算某一土地利用类型在某段时间内的面积变化情况,同时也可用来估计未来若干年内土地利用变化趋势以及变化速度^[29]。其计算公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:K 为研究期内某一土地利用类型的变化率;U_a,U_b 分别为研究初期、末期该种土地利用类型的面积;T 为研究时段。

3.1.2 综合土地利用变化动态度 综合土地利用变化动态度可以反映出研究区域内土地利用变化速率的整体差异。LC 值越大,表示研究区土地利用类型转化越剧烈。其计算公式为:

$$LC = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \Delta LW_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LW_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中:LC 表示综合土地利用动态度;LW_i 表示研究初期第 i 类土地利用类型面积;ΔLW_{i-j} 表示在研究期内第 i 类土地利用类型转为非 i 类其他土地类型的面积绝对值;T 为研究时长。

3.2 空间自相关

空间自相关可用来判断研究区内各土地利用类型有无聚集性,通常包括全局自相关和局部自相关。全局自相关采用 Moran's I 统计量,Local Moran's I 是局域空间自相关指标,计算公式为^[30]:

$$\text{Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij})} \quad (3)$$

$$\text{Local Moran's } I = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (i \neq j) \quad (4)$$

式中:n 为单元数量;W_{ij} 为空间权重矩阵;x_i,x_j 表示第 i 或 j 个单元的观测值;̄x 为观测平均值。I>0,表示空间分布呈正相关;I<0,表示空间分布呈负相关;I=0,表示不存在空间相关性。本文利用 ArcGIS 10.6 中创建渔网(create fishnet)功能,将研究区划分为 10 km×10 km 的格网单元并统计出各个小单元中各类地的面积,利用 ArcGIS 空间自相关(spatial autocorrelation)以及聚类 and 异常值分析(anselin local Moran I)模块计算各类地的 Moran I 以及 Local Moran's I 指数,并根据局域空间自相关指数将研究单元划分为 4 种空间关联格局:HH(高高集聚),HL(高低集聚),LH(低高集聚),LL(低低集聚)。

3.3 土地利用转移矩阵

土地利用功能转型通过土地利用转移矩阵模型来具体分析。土地利用转移矩阵来源于系统分析中对系统状态与状态转移的定量描述^[28]。利用 ArcGIS 对任意两期土地利用变更数据进行空间叠加,获取各研究时段土地利用类型转移矩阵,作为结构分析与变化方向分析的基础,可更好地表征土地利用的结构特征与用地功能类型变化。其表达式为:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中:S 为面积;n 为土地利用类型数量;i,j 分别为研究初期与末期的土地利用类型。

4 结果与分析

4.1 土地利用现状

通过分析陕西省土地利用类型分布和面积变化图(见封3附图6和图1)发现,陕西省土地利用类型受自然条件的影响,空间差异性显著。

土地利用类型主要以草地、耕地、林地为主,共约占土地利用面积的95%。其中草地约占38%,呈点状零散分布,破碎度较大,主要分布在陕北黄土高原中部以及秦岭以南的丘陵地区;耕地约占34%,主要分布在关中平原、汉中盆地、安康盆地,此外在陕北黄土高原北部零散分布;林地集中分布在秦岭沿线一带、陕西南部的米仓山、大巴山以及陕北黄土高原的

子午岭和黄龙山,面积约占23%。水域、未利用地分别约占研究区面积的1%,2%。其中水域主要以河流为主,如渭河、汉江等;未利用地集中分布在陕北长城沿线以西的毛乌素沙地。城镇居民用地、农村居民用地和工矿生产用地面积较小,共约占研究区面积的2%,城镇和农村居民用地主要分布在交通便利、便于开发的平原、盆地等,如关中平原、安康盆地,工矿生产用地主要分布在陕北高原西北部。就其变化而言,耕地、未利用地面积均有所下降,其他土地利用类型面积均有所上升,其中城镇居民用地、工矿建设用地面积上升幅度较大。虽然各土地利用类型面积均有所变化,但土地利用结构并无变化,仍以草地、耕地、林地为主。

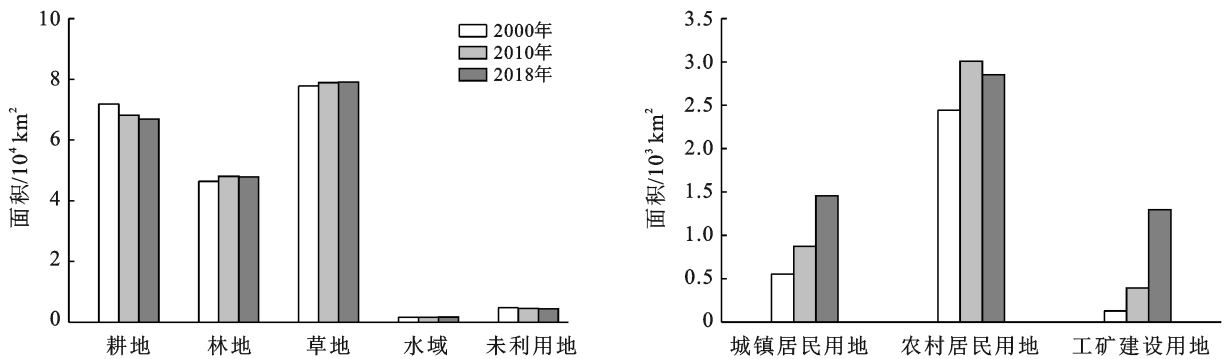


图1 陕西省2000—2018年土地利用类型面积变化

4.2 土地利用时空演变分析

4.2.1 土地利用动态变化 从陕西省2000—2018年各土地利用类型的动态度上来看(表2),陕西省不同用地类型的动态度差异明显,工矿建设用地和城镇、农村居民用地动态度较大,其中,工矿建设用地增速最快,年均增速高达50.62%,共计增加1 169.13 km²;城镇居民用地年均增速为9.11%,共计增加905.12 km²;农村居民用地面积呈先升后降的趋势,共计增加410.79 km²,两个时期的动态度分别为2.31%和-0.64。由于经济体制改革和城镇化发展,人类对土地的需求逐渐增长,建设用地面积急剧增长。未利用

地、耕地、林地、草地的动态度变化居中,其中未利用地面积以年均0.39%的速度持续减少,共计减少331.72 km²;未利用地的减少表明加大了对未利用地的开发利用程度。耕地面积流失最多,年均递减速率为0.38%,累计减少4 976.55 km²;林地、草地有所增加,分别增加了1 478.36和1 325.83 km²,年均增速分别为0.18%,0.09%;耕地在2000—2010年面积下降趋势快于2010—2018年,而林地、草地面积在2010年之前增长较快,表明在退耕还林还草初期,植被快速恢复,占用大量耕地,随后保持稳定。水域动态度最小,面积变化不大。

表2 陕西省2000—2018年土地利用变化幅度及动态度

土地类型	2000—2010年		2010—2018年		2000—2018年	
	变化幅度/km ²	动态度/%	变化幅度/km ²	动态度/%	变化幅度/km ²	动态度/%
耕地	-3 708.77	-0.52	-1 267.78	-0.23	-4 976.55	-0.38
林地	1 671.78	0.36	-193.42	-0.05	1 478.36	0.18
草地	1 122.34	0.14	203.49	0.03	1 325.83	0.09
水域	4.84	0.03	14.20	0.11	19.04	0.06
未利用地	-240.59	-0.50	-91.13	-0.25	-331.72	-0.39
城镇居民用地	321.03	5.82	584.09	8.37	905.12	9.11
农村居民用地	564.17	2.31	-153.38	-0.64	410.79	0.93
工矿建设用地	265.19	20.66	903.94	28.73	1 169.13	50.62

从各县(区、县级市)综合土地用动态度的空间变化上看(图 2),2000—2018 年,陕北黄土高原区土地利用动态度最大,其次是关中平原区,陕南秦巴山区变化最小。其中,延安市北部(宝塔区、安塞区、志丹县和延长县)和西安市中部(高陵区、未央区和雁塔区)的动态度最大,榆林市、咸阳市、渭南市、铜川市的动态度也相对较大。从两个时期来看,2000—2010

年土地动态度的空间变化较 2010—2018 年明显。2000—2010 年,榆林市、延安市北部、西安市、咸阳市南部和渭南市的土地利用变化动态度较大,其中,榆林市吴堡县、延安市安塞区和延长县、西安市未央区和宝塔区的土地利用变化最大。2010—2018 年,土地利用动态度较高的区域主要表现在西安市和榆林市北部(榆阳区、神木市、府谷县和吴堡县)。

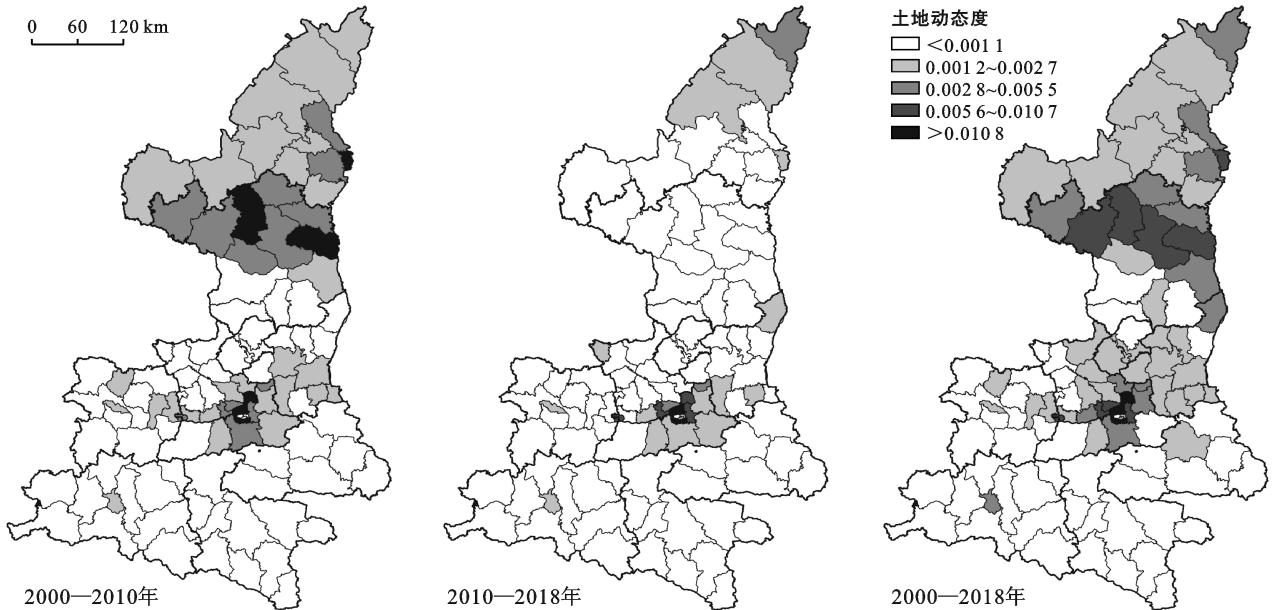


图 2 陕西省各县(区、县级市)2000—2018 年土地动态度空间变化

4.2.2 土地利用空间特征变化 为进一步探索陕西省土地利用的空间分布及变化状况,以陕西省 107 个县(区、县级市)为空间单元对单位面积(100 km²)内耕地、林地、草地、水域、未利用地、城镇居民用地、农村居民用地和工矿生产用地面积做全局(表 3)和局域空间自相关分析(图 3),从表 4 检验结果显示,陕西

省各土地利用类型全局 Moran's *I* 值均大于 0, *p* 值均小于 0.001,说明研究区内各土地利用类型整体上呈显著的正向空间自相关关系,具有非常明显的集聚性。其中农村居民用地、未利用地、耕地、林地、草地、表现较为突出,空间集聚性强,水域、城镇居民用地和工矿生产用地的空间集聚性相对较弱。

表 3 陕西省各土地利用类型全局空间自相关显著性检验结果

年份	指数	耕地	林地	草地	水域	未利用地	城镇居民用地	农村居民用地	工矿生产用地
2000	Moran's <i>I</i>	0.794	0.786	0.613	0.330	0.800	0.359	0.827	0.185
	<i>z</i>	50.257	49.747	38.807	21.129	50.904	28.630	52.467	12.034
	<i>p</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
2010	Moran's <i>I</i>	0.791	0.781	0.634	0.339	0.802	0.517	0.807	0.239
	<i>z</i>	50.025	49.446	40.104	21.691	51.024	37.019	51.166	15.712
	<i>p</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
2018	Moran's <i>I</i>	0.786	0.781	0.63	0.348	0.796	0.635	0.804	0.437
	<i>z</i>	49.751	49.400	39.848	22.242	50.612	42.523	50.989	28.175
	<i>p</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:*z* 为标准差的倍数,*p* 表示概率,*z* 与 *p* 相关联。

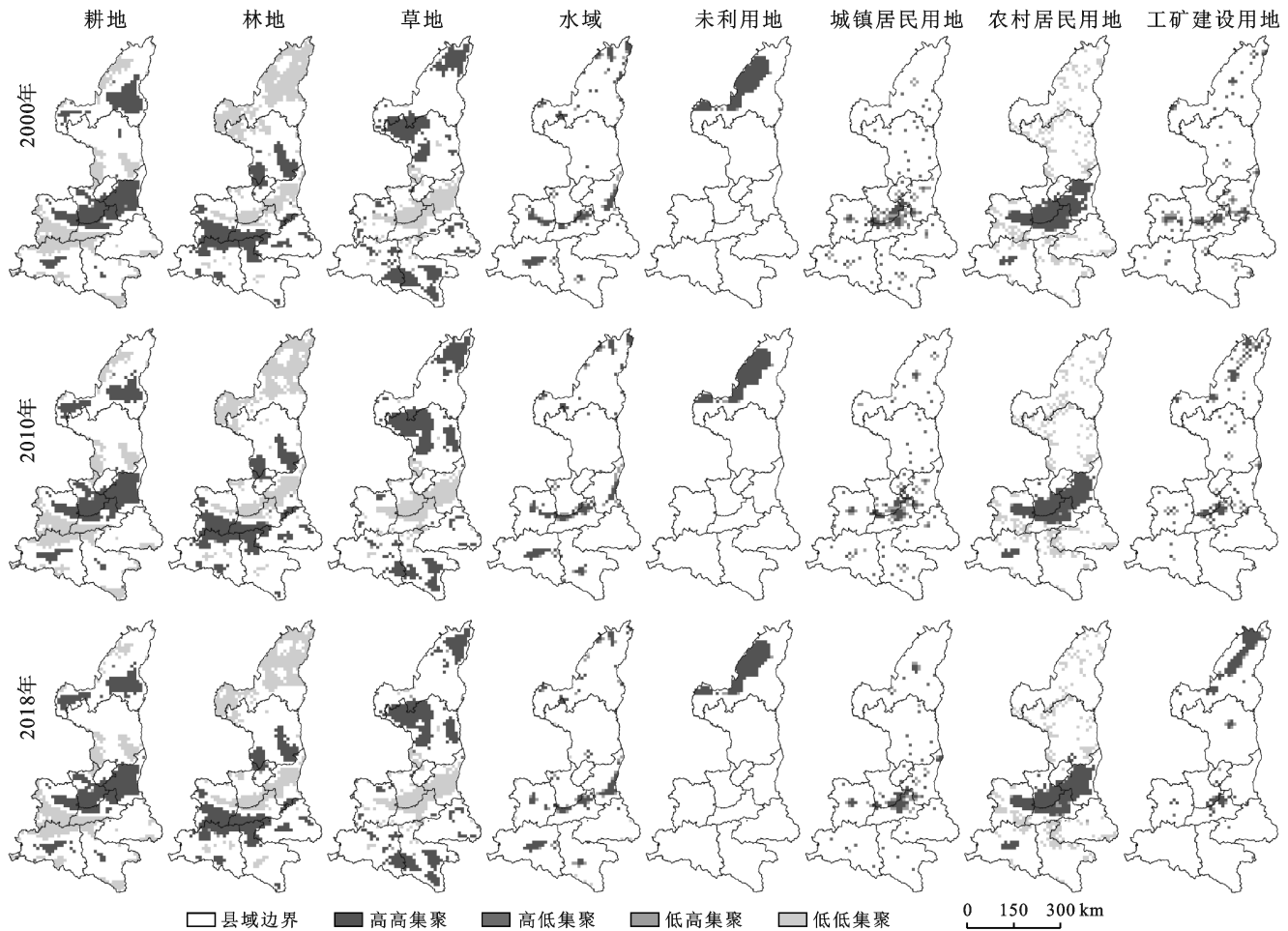


图 3 陕西省 2000—2018 年不同土地利用类型的局域 Moran I 值的空间分布

土地利用局域 Moran I 值的空间分布图(图 3)直观反映了 8 种土地利用类型空间分布及变化特征。2000—2018 年研究区耕地、林地、水域、未利用地和城镇、农村居民用地集聚区并无明显变化,草地、工矿建设用地形成新的集聚区。耕地、林地、草地和农村居民用地主要表现为“高一高”和“低—低”聚集,水域和未利用地主要表现为“高一高”聚集,城镇居民用地和工矿建设用地主要表现为“高一高”和“高一低”聚集。其中,耕地“高一高”集聚区主要分布在榆林市东南部、咸阳市、渭南市、西安市北部以及宝鸡、汉中、安康市中部地区。林地“高一高”集聚区主要分布在西安宝鸡南部、汉中安康北部、延安市中部地区。耕地高低集聚区表现出与林地高低集聚区相反的现状。未利用地“高一高”集聚区分布最集中,主要分布在榆林市西北部。水域的空间自相关性相对较弱,分布相对分散,主要呈带状分布于关中平原中部。城镇居民用地“高一高”集聚区主要分布在西安市、咸阳市和渭南市,而在“高一高”集聚区周围表现为“低—高”聚集,“高一低”集聚呈点状分布,表明在关中平原地区城镇居民用地的分布集中连片,而在其他地区的分布

较为分散。城镇居民用地的 Moran I 值呈持续上升趋势,表明其空间集聚性在逐渐增强。农村居民用地“高一高”集聚区的分布和具有空间趋同性,但其“高一高”集聚区范围较大。草地“高一高”集聚区主要分布在榆林市北部、延安市西部、安康市南部地区。而低值区主要是在关中平原城市群。2000—2010 年,草地在延安市东部的延长县、宜川县形成新的集聚区。工矿建设用地“高一高”集聚区主要分布在以西安市为中心的关中城市群,“高一低”和“低—高”集聚主要分布在“高一高”集聚区边缘地带,并且有向“高一高”集聚转化的趋势。2000—2018 年,工矿建设用地在榆林市西北部的榆阳区、神木市形成新的集聚区,主要由于近年来榆林市依托丰富的矿产资源,社会经济发展较快。

4.2.3 土地利用转型分析 为分析土地利用类型内部之间的面积转化情况,利用 ArcGIS 10.6 对 2000—2010 年和 2010—2018 年两个时段的土地利用数据进行叠加处理,得到陕西省 2000—2010 年和 2010—2018 年的土地利用转移矩阵以及土地利用转型空间变化图(表 4—5,图 4)。可以得出:① 2000—2010

年,耕地和未利用地面积减少,其他土地利用类型均有所增加。从土地流出上看,耕地(-3 708.77 km²)的减少主要流向草地和林地,转化面积分别为 4 129.66 km²和 1 382.91 km²;未利用地(-240.59 km²)的减少主要流向草地和耕地,转移面积分别为 215.10 km²和 79.65 km²。从土地来源上看,林地、草地、建设用地面积增加较为明显。其中林地净增加面积为 1 671.78 km²,主要来源于耕地(1 382.91 km²)和草地(1 091.09 km²)的转移;草地净增加面积为 1 122.34 km²,主要由耕地(4 129.66 km²)转化而来;建设用地中城镇和农村居民用地净增加面积分别为 321.03 km²和 564.17 km²,都主要来源与耕地的转化,转移面积分别为 250.12 km²和 658.66 km²,工矿建设用地净增加面积为 265.19 km²,主要来源于耕

地(133.18 km²)和未利用地(47.89 km²)的转化。
 ②2010—2018 年,耕地、林地、未利用地、农村居民用地面积减少,草地、水域和城镇、农村居民用地面积均有所增加。从土地流出上看,耕地(-1 267.78 km²)和林地(-193.42 km²)的减少都主要流向草地,转化面积分别为 3 560.76 km²和 1 315.13 km²;未利用地(-91.13 km²)主要流向耕地、工矿建设用地和草地,转移面积分别为 163.27,138.67 km²和 114.98 km²。从土地来源上看,城镇居民用地和工矿建设用地面积增加较为明显。其中城镇居民用地净增加面积为 584.09 km²,主要来源于耕地(333.63 km²)和农村居民用地(169.29 km²)的转化;工矿建设用地净增加面积为 903.94 km²,主要来源于对耕地(388.02 km²)和草地(395.44 km²)的侵占。

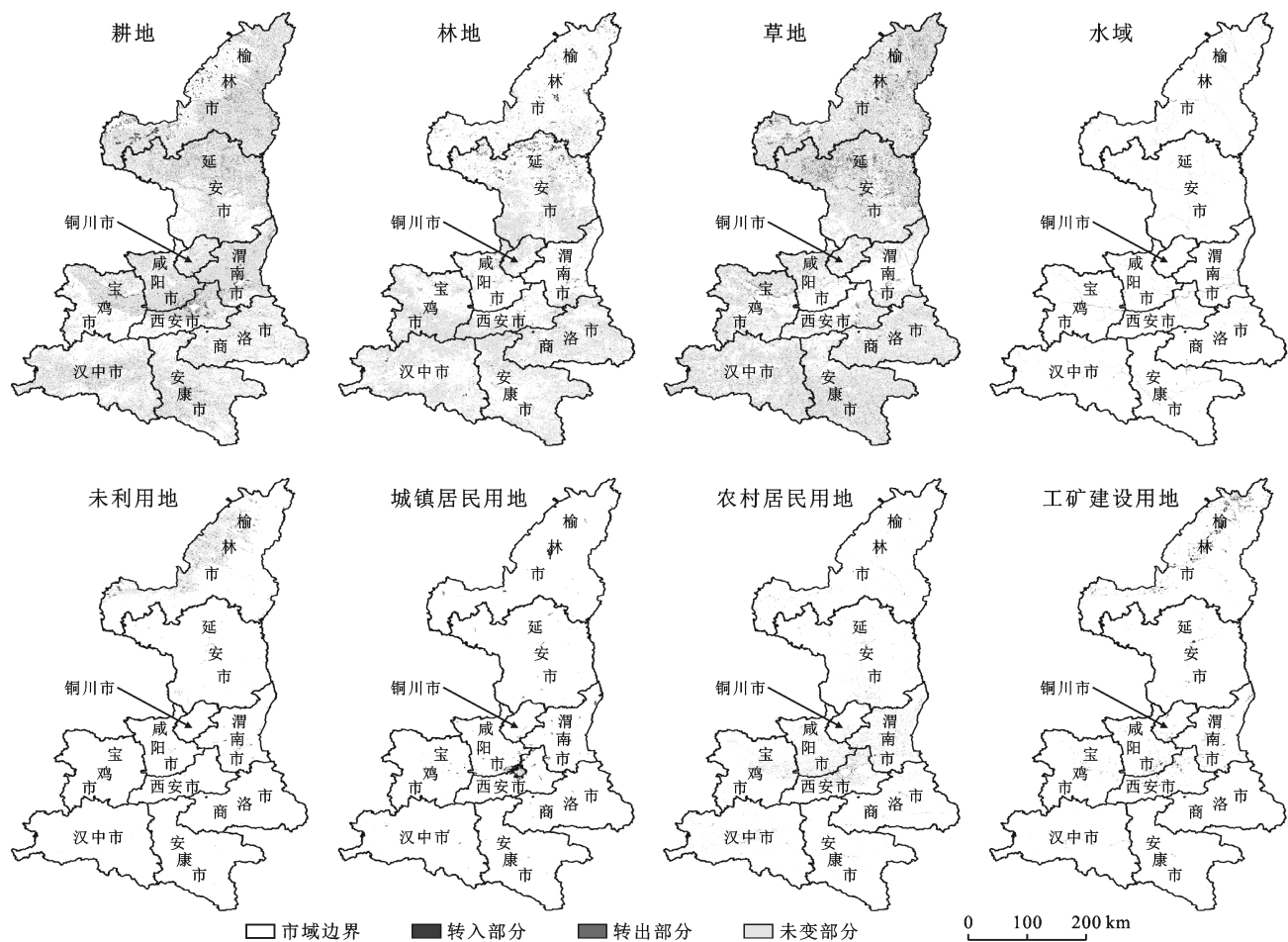


图 4 陕西省 2000—2018 年土地利用转移空间变化

综合来看,两个时期都表现为建设用地、林地、草地对耕地的侵占。两个时期内,城市居民用地和工矿建设用地面积增幅最大,其面积变化主要来源均为耕地,且随着时间发展,转换面积增加。城市化和社会经济的发展,导致原有发展空间不足以满足人类活动

从而占用耕地,如城镇化的发展对生活、工业用地的需求以及社会基础设施的修建等,部分耕地逐渐转化为建设用地以及农村居民用地向城镇居民用地的升级;且随着城镇化进一步推进,工矿建设用地开始占用草地,土地矛盾进一步加剧。2000—2010 年,耕地

面积下降较快,林地、草地面积迅速增加,表明退耕还林还草政策实施初期的效果较为明显,植被覆盖率显著提升。

2010—2018年,耕地面积下降趋势变缓,草地面

积增加趋势变缓,林地面积有所下降。主要由于耕地向林地、草地的转化面积减少,林地面积下降一方面由于补充来源减少,另一方面受自然环境的影响以及管理不善导致林地退化。

表 4 陕西省 2000—2010 年土地利用转移矩阵

km²

土地利用类型	2010 年							
	耕地	林地	草地	水域	未利用地	城镇居民用地	农村居民用地	工矿建设用地
耕地	65 149.90	1 382.91	4 129.65	140.19	17.08	250.12	658.66	133.18
林地	370.52	45 522.56	372.99	11.89	29.07	21.32	36.06	6.77
草地	2 274.93	1 091.09	74 101.16	69.24	92.63	21.85	49.16	88.65
水域	140.65	10.98	74.53	1 399.87	2.80	3.09	5.60	2.71
未利用地	79.65	12.05	215.10	16.01	4 386.56	3.74	7.80	47.89
城镇居民用地	5.74	7.41	2.31	0.39	0.00	527.96	7.46	0.46
农村居民用地	129.75	15.89	11.97	2.63	0.04	37.76	2 241.77	3.51
工矿建设用地	1.99	0.08	3.34	4.85	0.03	6.92	0.99	110.05

表 5 陕西省 2010—2018 年土地利用转移矩阵

km²

土地利用类型	2018 年							
	耕地	林地	草地	水域	未利用地	城镇居民用地	农村居民用地	工矿建设用地
耕地	62 508.10	728.48	3 560.76	188.92	69.59	333.63	375.63	388.02
林地	631.38	45 968.75	1 315.13	16.80	30.82	25.22	13.93	40.91
草地	3 074.34	1 089.79	73 981.36	100.77	207.67	33.84	27.84	395.44
水域	137.22	13.70	87.75	1 332.48	40.23	13.50	3.86	16.33
未利用地	163.27	14.10	114.98	8.06	4 080.78	7.91	0.44	138.67
城镇居民用地	26.17	2.50	6.94	0.68	0.26	828.05	2.38	5.75
农村居民用地	321.14	30.87	31.87	4.15	3.11	169.29	2 426.80	20.25
工矿建设用地	23.89	1.37	15.77	7.43	4.62	45.40	3.21	291.54

通过分析土地利用转移空间变化(图 4),耕地、林地、草地、建设用地在关中和陕北地区变化较为明显,水域生态用地和未利用地变化并不明显。其中耕地流失严重,主要是转化为草地、林地、城镇居民用地,在西安市中部(未央区、灞桥区、雁塔区、高陵区)、榆林市(府谷县、神木市、榆阳区、佳县)主要转化为城镇居民用地,在延安市北部(志丹县、安塞区、宝塔区、延长线)主要转化为林地、草地,补充来源主要是在榆林市西北部(定边县、榆阳区)对未利用地、草地的开发。在西安市中部农村居民用地向城镇居民用地的转化也较为明显,工矿生产用地的增加主要集中在榆林市(榆阳区、神木市和府谷县),由未利用地和草地转化而来。西安市作为关中平原城市群增长极,城镇建设用地的规模突出,此外,区域内其他城市的建设用地规模也同步增长,西安市对城市群发展存在带动作用。草地、林地明显增加的区域主要是原本植被覆盖率低且是退耕还林还草重点区域的陕北中东部地区。

总体来说,榆林市、延安市和西安市的土地利用变化最明显,榆林市和延安市主要表现为耕地向林地和草地转移以及未利用地和草地向工矿建设用地转移,西安市主要表现为耕地和农村居民用地向城镇居民用地转移。

4.3 土地利用变化驱动因素分析

4.3.1 驱动因子主成分分析 土地利用类型的转变是自然因素和人类活动共同作用的结果,但自然条件在短时间序列上对土地利用的变化作用并不明显,人类活动在短期内对土地利用变化的影响较为显著,尤其是在快速城镇化、工业化时期,因此本文主要分析人类活动对土地利用变化的影响。依据科学性、系统性以及可操作性原则,结合陕西省社会经济发展实际状况以及数据的可获性,从人口、经济、产业结构、农业现代化水平等方面共选取 13 个指标,建立陕西省土地利用变化评价指标体系(表 6),利用 SPSS 19.0 进行主成分分析。

表 6 陕西省土地利用变化评价指标体系

目标层	指标层	目标层	指标层
人口	X_1 年度总人口/万人	产业结构	X_8 第二产业产值比重/%
	X_2 人口密度($\text{km}^2/\text{人}$)		X_9 第三产业产值比重/%
	X_3 城市化率/%		X_{10} 单位面积粮食产量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$
经济	X_4 GDP/亿元	农业现代化水平	X_{11} 农用机械总动力/ 10^4 kW
	X_5 人均 GDP/元		X_{12} 化肥施用量/ 10^4 t
	X_6 社会固定资产投资/亿元		X_{13} 农用塑料薄膜使用量/t
	X_7 社会消费品零售总额/亿元		

KMO 和 Bartlett 检验结果详见表 7。KMO 值为 0.822 大于 0.5, 显著性水平为 0.000, 可以进行因子分析。主成分特征值及贡献率的结果详见表 8。取主成分特征值大于 1, 且其累计贡献率大于 90% 的 2 个主成分。第一主成分与城市化率 (X_3)、GDP (X_4) 和人均 GDP (X_5) 具有较强的正相关性; 第二主成分与第二、三产业产值比重 (X_8, X_9) 具有较强的相关性。由此可见, 土地利用变化的主要因素是城市化发展过程中社会经济的发展以及产业结构的调整 (表 9)。

表 7 评价指标体系 KMO 和 Bartlett 的检验结果

KMO 取样适切性量数		0.822
Bartlett 球形度检验	近似卡方	798.889
	自由度	78
	显著性	0.000

表 8 驱动因子特征值及主成分贡献率

主成分	特征值	贡献率%	累积贡献率%
1	10.828	83.292	83.292
2	1.879	14.456	97.749

表 9 驱动因子载荷矩阵

变量	成分		变量	成分	
	1	2		1	2
X_1	0.972	0.165	X_8	0.585	-0.803
X_2	0.970	0.150	X_9	-0.193	0.978
X_3	0.998	0.049	X_{10}	0.956	-0.217
X_4	0.987	0.147	X_{11}	0.963	-0.129
X_5	0.989	0.134	X_{12}	0.974	-0.112
X_6	0.971	0.220	X_{13}	0.973	0.013
X_7	0.968	0.248			

4.3.2 驱动因素区域差异分析 由图 3—5 可知, 研究区土地利用类型的分布存在着较强的空间异质性, 关中、陕北和陕南三大区域之间社会经济发展和自然资源条件差异显著, 导致土地利用变化以及驱动因素也具有空间差异性。因此, 分别分析了关中、陕北和

陕南三大区之间土地利用变化的驱动因素。①关中平原区土地利用变化较大, 且主要表现为建设用地侵占其他土地利用类型, 关中地区作为陕西省经济发展水平最高的地区, 社会经济的发展、人口规模的变化、产业结构的变动以及农业生产水平的提高促进了土地利用类型之间的转化。2000—2018 年, 关中平原的 GDP 由 2000 年的 1 275.95 亿元上升到 2018 年的 14 802.05 亿元, 增长了 10 倍多, 总人口增加了 215.44 万人, 城镇人口增加了 641.77 万人, 城市化率由 2000 年的 37.72% 上升到 2018 年的 60.81%。西部大开发战略的实施促进了经济的发展, 间接影响土地利用的变化, 区域发展的一切经济活动均以土地为承载, 不断提高的经济水平对城镇用地需求逐渐增加。主要表现为新增城市人口、城镇外延扩张、基础设施的修建等促进了建设用地的扩张, 以西安为中心的城市群表现最明显。②陕北黄土高原区土地利用变化也较大, 主要表现为耕地转向林地和草地以及未利用地、草地转向工矿建设用地。该地区的土地利用变化主要受政策因素的影响, 1999 年, 陕西省作为试点区域, 率先开始实施的退耕还林还草政策, 改善了土地利用结构, 其中作为“双退”重点区域的陕北地区, 大量耕地、荒地转化为草地、林地, 植被覆盖率提高, 生态环境质量改善。虽然较多耕地转化成林地、草地, 但都是对耕地质量较差和不适宜农作物生长地区的改造, 长远来看, 对生态环境的恢复具有积极意义。此外, 该地区具有丰富的矿产资源, 近年来第二产业的发展促进了工矿建设用地的扩张。③陕南秦巴山区土地利用变化相对较小, 主要受地理位置和地形条件的限制, 社会经济发展水平较低, 开发程度有限, 对土地利用变化的影响相对较小。汉中市和安康市中部土地利用变化相对较为明显, 主要表现为建设用地有所扩张, 农村居民用地向城镇居民用地转化。2000—2018 年, 陕南城镇人口增加了 230.51 万人, 城市化率由 21.67% 上升到 48.96%, 城市化的发展是促进其土地利用变化的主要因素。陕南作为我国重要

的生态保护区,近年实施的生态扶贫搬迁工程也对土地利用的变化产生了重要影响。

5 结论

(1) 陕西省不同用地类型的动态度差异明显,工矿建设用地和城镇、农村居民用地动态度较大,其次是未利用地、耕地、林地、草地,水域动态度最小。其中,工矿建设用地和城镇、农村居民用地分别增加了 1 169.13, 905.12 km² 和 410.79 km²,未利用地面积共计减少 331.72 km²,耕地面积累计减少 4 976.55 km²,林地、草地面积分别增加了 1 478.36 km² 和 1 325.83 km²,水域面积变化不大。

(2) 农村居民用地、未利用地、耕地、林地、草地、空间聚集性强,水域、城镇居民用地和工矿生产用地的空间聚集性相对较弱。草地在延安市东部的延长县、宜川县形成新的集聚区,城镇居民用地集聚性逐渐增强,工矿建设用地在榆林市西北部的榆阳区、神木市形成新的集聚区。

(3) 土地利用转型的结果表现为建设用地、林地、草地对耕地的侵占。陕北高原和关中平原土地利用转移相对频繁,陕南土地利用转换相对较小。其中,榆林市、延安市和西安市的土地利用转移变化最明显,榆林市和延安市主要表现为耕地向林地和草地转移以及未利用地和草地向工矿建设用地转移,西安市主要表现为耕地和农村居民用地向城镇居民用地转移。

(4) 土地利用变化的主要因素是城市化发展过程中社会经济的发展以及产业结构的调整。关中平原区受经济、人口、产业结构的影响土地利用变化较大,陕北黄土高原区主要受政策因素的影响,陕南秦巴山区受自然条件的限制土地利用变化不明显。

6 讨论

陕西省土地利用变化较为明显的地区是关中和陕北,陕南变化并不明显。其中,关中平原主要表现为建设用地侵占耕地,陕北黄土高原主要表现为耕地向林地、草地转化。这与已有研究^[26-27]结果一致。土地利用变化的主要影响因子分别是城市化率、人均 GDP、国内生产总值、第二三产业比重,表明经济、人口、产业结构是影响陕西省土地利用变化的主要因素,此外政策对土地利用变化的影响也不容忽视。由于土地利用变化区域差异较大,且三大区之间的经济发展情况以及自然条件不同,未来应根据各地区的资源禀赋,确定不同的土地利用规划。关中平原区要注重经济与生态之间的协调发展,严格控制城乡建设用

地侵占耕地及其他土地利用类型,对土地资源进行科学规划、合理利用、优化布局、保护环境,提高节约集约用地水平。陕北由于生态环境脆弱,要注重对生态环境的保护,继续实施平整土地、修建堤坝、植树造林等一系列生态保护措施,并加大对草地、林地的管理,避免草地、林地出现退化。陕南是全省林地、草地的主要分布区,林地、草地等基础性生态用地不宜进行大规模、高强度的工业化、城镇化开发,未来仍要以生态环境保护和建设为重点,鼓励扩大林地面积,稳定草地面积,提高生态服务功能。

土地利用在空间上的变化是自然和人类相互交互作用的过程,本研究只分析了 2000—2018 年人类活动与土地利用变化的关系,没有考虑自然因素,如气候、地形等因素的干扰。此外,土地利用驱动因素分析指标选取并未涉及到政策方面,政策因素分析仅为定性分析。2000—2018 年,陕西省的土地利用变化与政府实施的宏观政策息息相关,因此未来应加强宏观政策对土地利用变化影响的定量研究,以更好地为各级土地管理部门提供理论依据和政策建议。

[参 考 文 献]

- [1] Perring M P, De F P, Baeten L, et al. Global environmental change effects on ecosystems: The importance of land-use legacies [J]. *Global Change Biology*, 2016, 22 (4):1361-1371.
- [2] Güneralp B, Seto K C, Ramachandran M. Evidence of urban land teleconnections and impacts on hinterlands [J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(5):445-451.
- [3] 官鹏. 拓展与深化中国全境的环境变化遥感应用[J]. *科学通报*, 2012, 57(16):1379-1387.
- [4] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. *地理学报*, 2014, 69(1):3-14.
- [5] 陈龙, 周生路, 周兵兵, 等. 基于主导功能的江苏省土地利用转型特征与驱动力[J]. *经济地理*, 2015, 35(2):155-162.
- [6] 胡昕利, 易扬, 康宏樟, 等. 近 25 年长江中游地区土地利用时空变化格局与驱动因素[J]. *生态学报*, 2019, 39(6):1877-1886.
- [7] 许茜, 李奇, 陈懂懂, 等. 近 40 年三江源地区土地利用变化动态分析及预测[J]. *干旱区研究*, 2018, 35(3):695-704.
- [8] 李孝永, 匡文慧. 京津冀 1980—2015 年城市土地利用变化时空轨迹及未来情景模拟[J]. *经济地理*, 2019, 39(3):187-194, 200.
- [9] 高星, 刘泽伟, 李晨曦, 等. 基于“三生空间”的雄安新区土地利用功能转型与生态环境效应研究[J]. *生态学报*,

- 2020,40(20):15-24.
- [10] 刘永强,廖柳文,龙花楼,等.土地利用转型的生态系统服务价值效应分析:以湖南省为例[J].地理研究,2015,34(4):691-700.
- [11] 龙花楼.论土地利用转型与乡村转型发展[J].地理科学进展,2012,31(2):193-200.
- [12] 张丽,杨国范,刘吉平.1986—2012年抚顺市土地利用动态变化及热点分析[J].地理科学,2014,34(2):185-191.
- [13] 马礼,苏海霞.河北沽源县土地利用动态变化研究[J].干旱区资源与环境,2010,24(1):131-136.
- [14] 祁元,王一谋,冯毓荪,等.基于RS、GIS的宁夏土地利用动态变化分析[J].干旱区地理,2002,25(3):245-250.
- [15] 王治良,路春燕.呼伦贝尔草原区土地利用及景观格局变化特征分析[J].干旱区资源与环境,2015,29(12):91-97.
- [16] 程建,程久苗.中国省际土地利用隐性形态时空格局、驱动力与转型模式[J].中国土地科学,2017,31(12):60-68,97.
- [17] 李晨曦,吴克宁,查理思.京津冀地区土地利用变化特征及其驱动力分析[J].中国人口·资源与环境,2016,26(S1):252-255.
- [18] 韩会然,杨成凤,宋金平.北京市土地利用变化特征及驱动机制[J].经济地理,2015,35(5):148-154,197.
- [19] 刘志佳,黄河清.珠三角地区建设用地扩张与经济、人口变化之间相互作用的时空演变特征分析[J].资源科学,2015,37(7):1394-1402.
- [20] 李宏伟,吕军,卜坤,等.1976—2015年辽河口土地利用格局变化及驱动机制研究[J].中国水土保持,2019(12):88-92.
- [21] 张佰发,苗长虹.黄河流域土地利用时空格局演变及驱动力[J].资源科学,2020,42(3):460-473.
- [22] 张浚茂,臧传富.东南诸河流域1990—2015年土地利用时空变化特征及驱动机制[J].生态学报,2019,39(24):9339-9350.
- [23] 付建新,曹广超,郭文炯.1980—2018年祁连山南坡土地利用变化及其驱动力[J].应用生态学报,2020,31(8):2699-2709.
- [24] 耿甜伟,陈海,张行,等.基于GWR的陕西省生态系统服务价值时空演变特征及影响因素分析[J].自然资源学报,2020,35(7):1714-1727.
- [25] 岳杻筱,薛亮.陕西省土地利用与生态系统服务价值动态研究[J].中国农业大学学报,2020,25(10):20-30.
- [26] 卓静,朱延年,何慧娟,等.生态恢复工程对陕北地区生态系统格局的影响[J].生态学报,2020,40(23):8627-8637.
- [27] 马新萍,韩申山,王磊,等.大西安地区土地利用类型时空演变分析[J].干旱区地理,2020,43(2):499-507.
- [28] 中国科学院地理科学与资源研究所.资源环境数据云平台[EB/OL]. <https://www.resdc.cn/>.
- [29] 裴杰,王力,柴子为,等.基于RS和GIS的深圳市土地利用/覆被变化及碳效应分析[J].水土保持研究,2017,24(3):227-233.
- [30] 杨晴青,刘倩,尹莎,等.秦巴山区乡村交通环境脆弱性及影响因素:以陕西省洛南县为例[J].地理学报,2019,74(6):1236-1251.
- [31] 朱会义,李秀彬.关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J].地理学报,2003,58(5):643-650.

(上接第338页)

- [33] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [34] 肖红克,李洪忠,王莉,等.粤港澳大湾区土地利用及生态系统服务价值的变化:以广佛肇为例[J].水土保持研究,2020,27(1):290-297.
- [35] 内蒙古呼伦贝尔市林业局.呼伦贝尔市:为筑牢祖国北疆生态屏障作出突出贡献[J].内蒙古林业,2018(12):23-24.
- [36] 朱晓昱.呼伦贝尔草原区土地利用时空变化及驱动力研究[D].北京:中国农业科学院,2020.
- [37] 孙兴辉,金良,张文娟.内蒙古土地生态系统服务价值时空变化特征[J].内蒙古财经大学学报,2020,18(6):99-103.