

贺炳彦,高 婷. 延安市土地利用变化及生态效应研究[J]. 江苏农业科学,2020,48(24):286-292.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.24.052

延安市土地利用变化及生态效应研究

贺炳彦¹, 高 婷²

(1. 长安大学地质调査研究院,陕西西安 710000; 2. 长安大学地球科学与资源学院,陕西西安 710000)

摘要:借助地理信息平台,对陕西省延安市 2010—2018 年各地类的变化情况作时空分析,计算出各地类间的相互转移情况及动态变化,并且计算分析各地类的生态质量指数和生态环境贡献指数。结果表明,研究期内陕西省延安市建设用地、其他土地和耕地的增加量最大,林地和园地的减少量最大;除草地和水域外,延安市的其他地类在 2010—2014 年间的变化率均高于 2014—2018 年间的变化率;建设用地面积的增加速率最大,水域面积的减少速率最小。延安市的土地利用变化逐步趋于平稳,南部的生态环境质量略高于北部,林地向其他地类的转化是导致延安市生态环境质量恶化的主要原因,其他地类向林地转化是改善生态环境的有效途径。

关键词:土地利用变化;生态环境质量指数;生态贡献率;延安市;土地利用动态度

中图分类号: F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)24-0286-07

土地利用/覆被变化(LUCC)可以直接反映人类活动对自然环境的影响,通过分析土地类型(地类)变化趋势,也可以间接分析预测出区域的发展

状况及趋势^[1]。自 LUCC 被提出以来,在土地利用/覆被变化动态监测与模拟的基础上综合分析人类活动与社会环境的相互作用逐渐成为研究的热点^[2-5]。研究者针对土地利用变化的研究趋于 2 个方向,一是通过研究驱动因素对土地利用动态变化的幅度和速度的影响,对一定时期内土地利用变化进行动态监测,预测其变化趋势^[6-9];另一方面是对土地利用变化所产生的生态环境效应以及对生态系统影响的研究^[10-13]。但对于政策引导后地类变化所造成的生态环境效应的研究较少。

收稿日期:2020-04-01

基金项目:延安市自然资源局 2017 年度土地变更调查及遥感监测项目(编号:211827190502)。

作者简介:贺炳彦(1972—),男,陕西榆林人,博士,副研究员,主要从事土地资源管理相关研究。E-mail:heby@chd.edu.cn。

通信作者:高 婷,硕士研究生,主要从事土地利用变化相关研究。E-mail:1261539191@qq.com。

[18]严金明,迪力沙提·亚库甫,夏方舟. 基于协同发展的省域狭义国土开发强度内涵界定与阈值测度[J]. 农业工程学报,2019,35(4):255-264.

[19]周 敏,匡 兵,陶雪飞. 空间收敛视角下中国城市土地开发强度演变特征[J]. 经济地理,2018,38(11):98-103.

[20]刘艳军,于会胜,刘德刚,等. 东北地区建设用地开发强度格局演变的空间分异机制[J]. 地理学报,2018,73(5):818-831.

[21]杨清可,段学军,李平星,等. 江苏省土地开发度与利用效益的空间特征及协调分析[J]. 地理科学,2017,37(11):1696-1704.

[22]赵亚莉,刘友兆,龙开胜. 城市土地开发强度变化的生态环境效应[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(7):23-29.

[23]赵亚莉,刘友兆,龙开胜. 长三角地区城市土地开发强度特征及影响因素分析[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(12):1480-1485.

[24]卫思夷,居 祥,荀文会. 区域国土开发强度与资源环境承载力时空耦合关系研究——以沈阳经济区为例[J]. 中国土地科学,2018,32(7):58-65.

[25]段佩利,刘曙光,尹 鹏,等. 中国沿海城市开发强度与资源环

境承载力时空耦合协调关系[J]. 经济地理,2018,38(5):60-67.

[26]沈春竹,谭琦川,王丹阳,等. 基于资源环境承载力与开发建设适宜性的国土开发强度研究——以江苏省为例[J]. 长江流域资源与环境,2019,28(6):1276-1286.

[27]雷勋平,邱广华. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域资源环境承载力评价实证研究[J]. 环境科学学报,2016,36(1):314-323.

[28]杨亮洁,杨永春. 甘肃省资源环境承载力时空分异[J]. 生态学报,2017,37(20):7000-7017.

[29]卢亚丽,徐帅帅,沈 镭. 河南省资源环境承载力的时空差异研究[J]. 干旱区资源与环境,2019,33(2):16-21.

[30]王 维,张 涛,王晓伟,等. 长江经济带城市生态承载力时空格局研究[J]. 长江流域资源与环境,2017,26(12):1963-1971.

[31]刘耀彬,李仁东,宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报,2005,20(1):105-112.

[32]张明斗,莫冬燕. 城市土地利用效益与城市化的耦合协调性分析——以东北三省 34 个地级市为例[J]. 资源科学,2014,36(1):8-16.

自 2011 年以来,陕西省延安市提出建设“延安新区”的设想,随后又启动了以治沟造地为主的生态修复工程,这些举措虽然缓解了建设用地紧张以及农民耕地不足的问题,但是大规模的土地利用结构调整所产生的生态效应是当下研究的重点问题。

1 研究区概况

延安市位于陕西省北部,属黄土高原丘陵沟壑区,地处黄河中游,黄土高原的中南地区,总面积为 37 037 km²(图 1)。延安市属于暖温带半湿润易旱

气候区,年均降水量为 605.53 mm,多集中在夏季,且多暴雨,强度大,冬季干旱多西北风。延安市的植被覆盖主要包括耕地、园地、草地、林地等,面积约为 35 466 km²,占总面积的 95.76%,其中林地为主要植被覆盖形式,面积为 21 295 km²,占总面积的 57.50%,草地面积为 8 950 km²,占总面积的 24.17%;耕地面积为 3 717 km²,占总面积的 10.04%,园地面积为 1 504 km²,占总面积的 4.06%。延安市建设用地的面积为 1 036 km²,占延安市总面积的 2.80%。

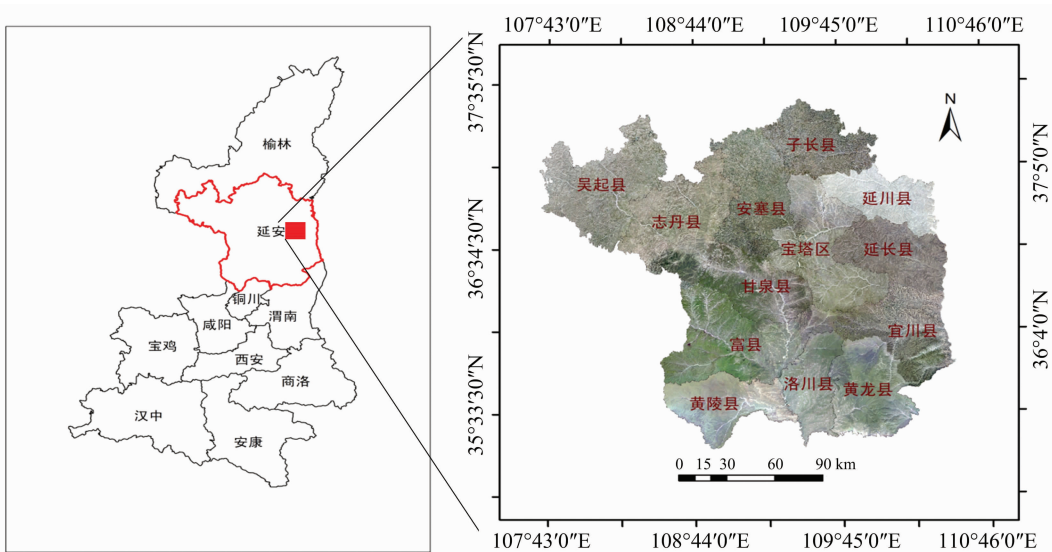


图1 延安市位置

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

本研究依托陕西省延安市历年土地利用变更调查及遥感监测项目,选取延安市 2010 年、2014 年和 2018 年 3 期的土地利用现状数据以及延安市 1 m 分辨率的数字正射影像图和社会经济统计的数据等。

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用转移矩阵 土地利用转移矩阵是表达研究区不同时段中的任意 2 期的土地利用类型间的变化数量及互相转移的状态进行定量的描述,其形式如表 1 所示。

表 1 中: C_n 表示土地类型; B_n 和 E_n 分别表示期初和期末各地类的面积; S_{11} 、 S_{21} 、 \cdots 、 S_{n1} 分别表示土地类型 C_1 、 C_2 、 \cdots 、 C_n 在 $B \sim E$ 期间转换为地类 C_1 的面积; S_{11} 、 S_{21} 、 \cdots 、 S_{1n} 分别表示土地类型 C_1 在 $B \sim E$ 期间变换为地类 C_1 、 C_2 、 \cdots 、 C_n 的面积; I_{nn} 为 $B \sim E$ 期间土地类型 C_n 增加的面积; D_{nn} 为 $B \sim E$ 期间土

表 1 土地利用转移矩阵

项目	C_1	C_2	\cdots	C_n	D
B	B_1	B_2	\cdots	B_n	
E	E_1	E_2	\cdots	E_n	
C_1	S_{11}	S_{12}	\cdots	S_{1n}	D_{1n}
C_2	S_{21}	S_{22}	\cdots	S_{2n}	D_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots
C_n	S_{n1}	S_{n2}	\cdots	S_{nn}	D_{nn}
I	I_{n1}	I_{n2}	\cdots	I_{nn}	

地类型 C_n 减少的面积。

2.2.2 单一土地利用动态度 某一土地利用类型在一个时间段内的变化速度和幅度可以用单一土地利用动态度来表征^[14]。其表达式如下:

$$K = \frac{S_{t2} - S_{t1}}{S_{t1}} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

式中: K 为单一土地利用动态度,若 K 值为正值,表示该地类的面积增加, K 值越大,增加速率越快;若

K 值为负值;表示该地类的面积减少, K 值越小,减少速率越快; K 值绝对值越小,表明该类土地转化为其他类型土地的面积越小,在研究期内相对稳定; S_{i1} 、 S_{i2} 分别表示 t_1 、 t_2 时某一土地利用类型的面积。

2.2.3 综合土地利用动态度 一定时期内土地利用类型间转移的整体情况以及土地利用类型变化的剧烈程度可以用综合土地利用动态度表征,其表达式如下:

$$L_c = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta S_{ij}}{2 \sum_{i=1}^n S_i} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: L_c 为 t 时段研究区的综合土地利用动态度,其值越大,表明区域土地利用变化越剧烈; ΔS_{ij} 为研究期初至研究期末第 i 类土地转化为 j 类型土地的总面积; S_i 为研究期初第 i 类土地的面积总和; n 表示区域内所具有的土地利用类型数量。

2.2.4 区域生态环境质量指数 参考李晓文等对西北干旱区土地利用变化及生态效应的研究^[15],确定了延安市不同地类的生态质量指数(表 2)。

表 2 不同地类生态环境质量指数

土地利用类型	生态环境质量指数
耕地	0.253
园地	0.725
林地	0.756
草地	0.432
建设用地	0.198
水域	0.557
其他土地	0.017

在考虑研究区各地类面积的情况下,某一区域的生态环境质量状况(EQ)可用下式来描述:

$$EQ = \sum_{i=1}^n S_i D_i / TA \quad (3)$$

式中: S_i 、 D_i 分别表示该区域内 t 时期第 i 种土地利用类型所具有的面积、生态环境指数; TA 表示区域总面积; n 表示区域内所具有的土地利用类型数量。

2.2.5 生态环境贡献指数 生态环境贡献指数可以反映区域地类之间的转变对生态环境的影响程度,土地利用变化对生态环境的作用有 2 种情况:恶化(贡献率为负)、改善(贡献率为正)。具体公式如下:

$$ECR = (LE_{n+1} - LE_1) LA / TA \quad (4)$$

式中: ECR 表示生态贡献率; LA 表示发生该变化的土地利用面积; LE_{n+1} 和 LE_1 分别表示某种土地利用类型期末和期初的生态质量指数。

3 结果与分析

3.1 土地利用时空动态变化特征

土地利用类型的空间和时间分布特征可以反映一定时期内的地类变化趋势及总体结构特征。本研究对延安市 3 个时间段土地利用现状数据进行统计。由图 2 可以看出,(1)延安市南北地域分异明显,南部多林地,北部林草均衡。通过分析延安市 2018 年数据可得,吴起县、志丹县、安塞区、子长县、延川县、延长县、宝塔区的草地面积占全市总面积的 19.61%,林地面积占全市总面积的 23.58%;甘泉县、富县、宜川县、黄陵县、洛川县、黄龙县的草地面积占全市总面积的 4.55%,林地面积占全市总面积的 32.85%。(2)建设用地逐步扩张。建设用地呈现逐步扩张的趋势,集中在延安中部,主要分布在城区。2014 年、2018 年扩张尤为明显,以市辖区为中心,沿着河两边扩张,最主要的扩张来自于新城区的开发。各县区用地呈现零星变化,没有较大幅度的用地结构调整。

由图 3 可知,延安市 2010—2018 年间土地利用变化呈现以下特点:(1)从总体数量来看,林地、草地、耕地等土地利用类型的面积相对较多,园地、建设用地、水域和其他土地土地利用类型的面积相对较少。(2)从变化幅度上看,建设用地变化率增幅最为明显,其次是其他土地、耕地;与 2010 年相比,2018 年建设用地的增幅达到 10.75%,其他土地的增幅为 3.69%,耕地的增幅为 2.89%。草地的变化幅度最不明显,2010—2018 年间,整体的增加变化率只有 0.04%。园地面积的减小幅度最大,其次是水域和林地,与 2010 年相比,2018 年园地面积减少了 4.76%、水域面积减少了 2.34%,林地面积减少了 0.63%。(3)除草地和水域外,其他地类在 2010—2014 年间的变化率高于 2014—2018 年间的变化率,草地的变化率由负变为正,说明 2014—2018 年间,草地的退化正在被有效改善,而水域的退化却日趋严重。

3.2 土地利用结构变化特征

如表 3 所示,2010—2018 年延安市耕地共增加 13 218.23 hm²,其中,54.19% 的新增耕地由林地转化而来,27.19% 的新增耕地由园地转化而来。而耕地减少的主要去向是转变为建设用地,共有 1 721.49 hm² 的耕地被建设用地占用,占耕地减少面积的 61.91%。延安市园地整体呈现减少趋势,

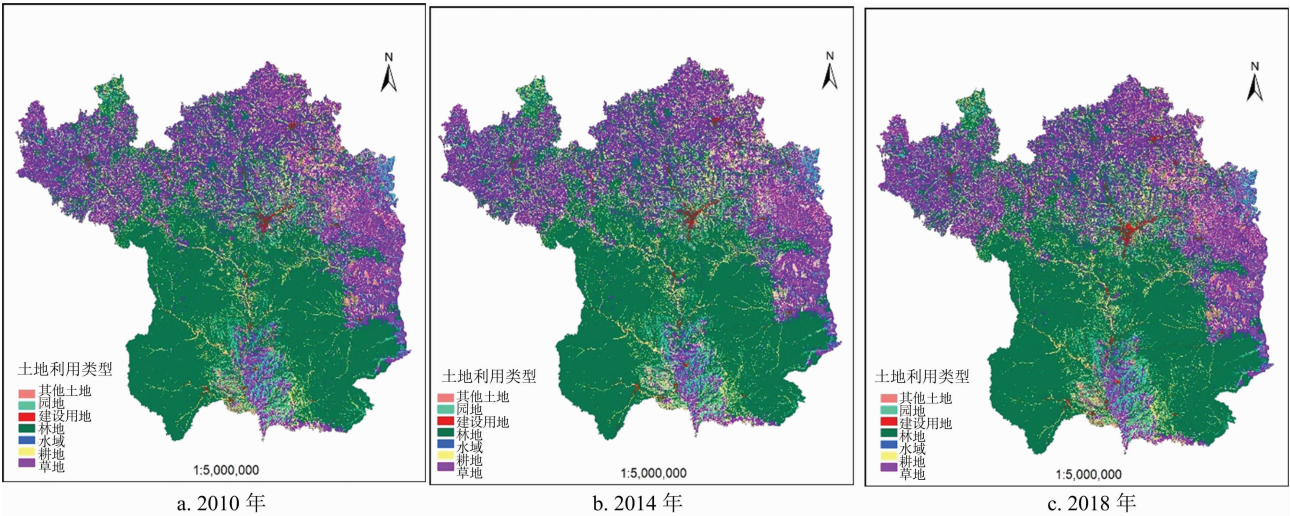


图2 延安市 2010 年、2014 年、2018 年土地利用情况

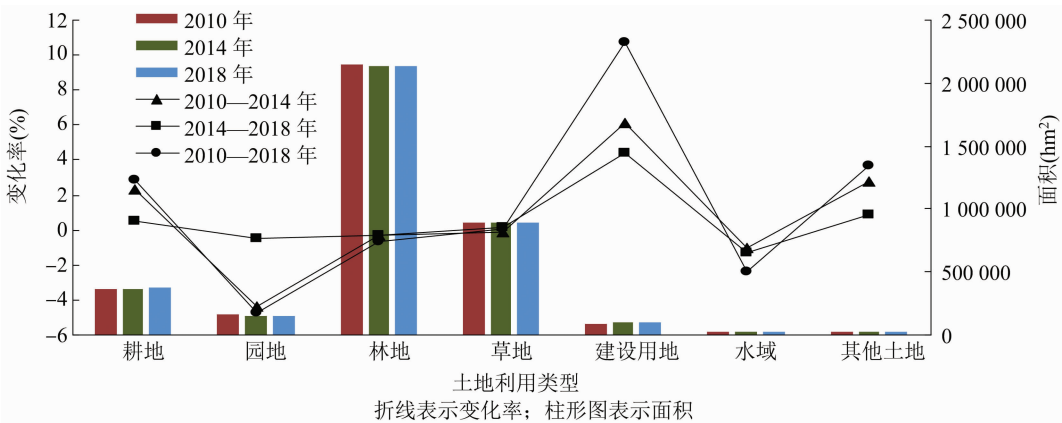


图3 延安市各土地利用类型面积和比例的变化情况

表 3 延安市 2010—2018 年土地利用类型转移情况

hm²

土地利用类型	耕地	园地	林地	草地	建设用地	水域	其他土地	其间减少面积
期初面积	361 318.96	157 957.23	2 143 061.40	894 594.00	93 549.64	27 895.28	24 677.54	
期末面积	371 756.65	150 434.40	2 129 459.24	894 965.15	103 608.84	27 242.69	25 587.08	
耕地	0.00	428.13	260.17	150.88	1 721.49	40.39	179.48	2 780.54
园地	3 594.08	0.00	609.56	231.20	4 319.75	76.59	612.87	9 444.05
林地	7 162.83	1 245.84	0.00	812.17	5 784.32	31.29	143.76	15 180.21
草地	152.72	145.40	400.30	0.00	136.98	48.51	163.04	1 046.95
建设用地	1 813.07	67.19	141.32	112.51	0.00	3.58	44.36	2 182.03
水域	391.69	17.32	87.58	103.84	198.64	0.00	56.36	855.43
其他土地	103.84	17.34	79.12	7.50	80.05	2.48	0.00	290.33
其间增加面积	13 218.23	1 921.22	1 578.05	1 418.10	12 241.23	202.84	1 199.87	

减少的园地有 38.06% 被恢复为耕地,45.74% 被建设占用。延安市林地的变化最为明显,林地增加量仅为 1 578.05 hm²,减少量达到了 15 180.21 hm²。林地的增加面积主要来源于草地以及荒废的园地。转变为耕地的林地占林地减少量的 47.19%;转变为建设用地的林地占林地减少量的 38.10%。草地

的增加面积主要来源于林地和园地,分别占草地增加量的 57.27%、16.30%;减少的草地主要转变为林地和其他土地,分别占草地减少量的 38.23%、15.57%。建设用地面积增加了 12 241.23 hm²,增加的建设用地主要来源于林地、园地和耕地,分别占建设用地增加面积的 47.25%、35.29%、

14.06% ;减少的建设用地主要转变为耕地,占建设用地减少量的 83.09%。水域面积增加了 202.84 hm²,增加的水域主要来源于园地和草地,分别占建设用地增加量的 37.76%、23.92%。减少的水域主要转变为耕地和建设用,分别占水域减少量的 45.79%、23.22%。其他土地面积增加了 1 199.87 hm²,增加的土地主要来源于园地和耕地,分别占其他土地增减加量的 51.08%、14.96% ;减少的其他土地主要转变为耕地和建设用,分别占其他土地减少量的 35.77%、27.57%。

如表 4 所示,延安市不同时间段不同土地利用类型的动态度有着明显差异。从整体来看,建设用地动态度最大,其次是其他土地和耕地,草地的动态度最小。园地、林地、水域的动态度一直为负值,说明从 2010 年开始,这 3 种地类面积在持续减少。分时段来看,与 2010—2014 年相比,2014—2018 年,耕地、建设用地、其他土地的单一土地利用动态度均偏小,说明这几种地类的变化速率在减缓。2014—2018 年,水域的单一土地利用变化度的绝对值高于 2010—2014 年间,且均为负值,说明水域面积的减少速度在不断加剧。土地利用综合动态度(L_c)整体呈现下降趋势,从 0.001 5% 下降到 0.000 6% ;说明 2010—2014 年,延安市整体的土地利用变化相对剧烈。整个研究时段的土地利用综合动态度相对于 2010—2014 年间较小,相对于 2014—2018 年间较大。说明整个研究时段的土地利用变化状态正在逐步趋向于稳定。

表 4 延安市 2010—2014 年土地利用动态度

土地利用类型	各时间区间内的土地利用动态度		
	2010—2014 年	2014—2018 年	2010—2018 年
耕地	0.586 0	0.133 0	0.722 2
园地	-1.083 8	-0.111 7	-1.190 6
林地	-0.081 6	-0.077 3	-0.158 7
草地	-0.020 9	0.031 3	0.010 4
建设用地	1.530 1	1.091 3	2.688 2
水域	-0.257	-0.330 7	-0.584 9
其他土地	0.694 8	0.220 5	0.921 4
L_c (%)	0.001 5	0.000 6	0.001 1

3.3 生态环境效应

由公式(3)计算延安市 2010 年、2014 年、2018 年各县的生态环境质量指数,根据计算的指数特征,按照等间距法将生态环境质量指数分为 5 个等级。级别越高,生态环境质量指数越大,对应区域的生态质量越高。由图 4 可知,在选取的 3 年中,甘泉县、富县、黄龙县的生态环境质量等级均最高;延长县和延川县的生态环境质量等级最低;志丹县和洛川县的生态环境质量等级在 3 年内一直保持为 3 等,吴起县的生态环境质量等级为 2 等;宝塔区和子长县的生态环境质量等级呈现波动趋势,宝塔区由 3 等升为 4 等后又降为 3 等,子长县由 1 等升为 2 等后又降为 1 等,安塞县、黄陵县、宜川县的生态环境质量等级呈现下滑趋势,安塞县在 2014 年下降为 3 等,2018 年保持不变,宜川县在 2018 年由 4 等下降为 3 等,黄陵县在 2018 年由 5 等下降为 4 等。

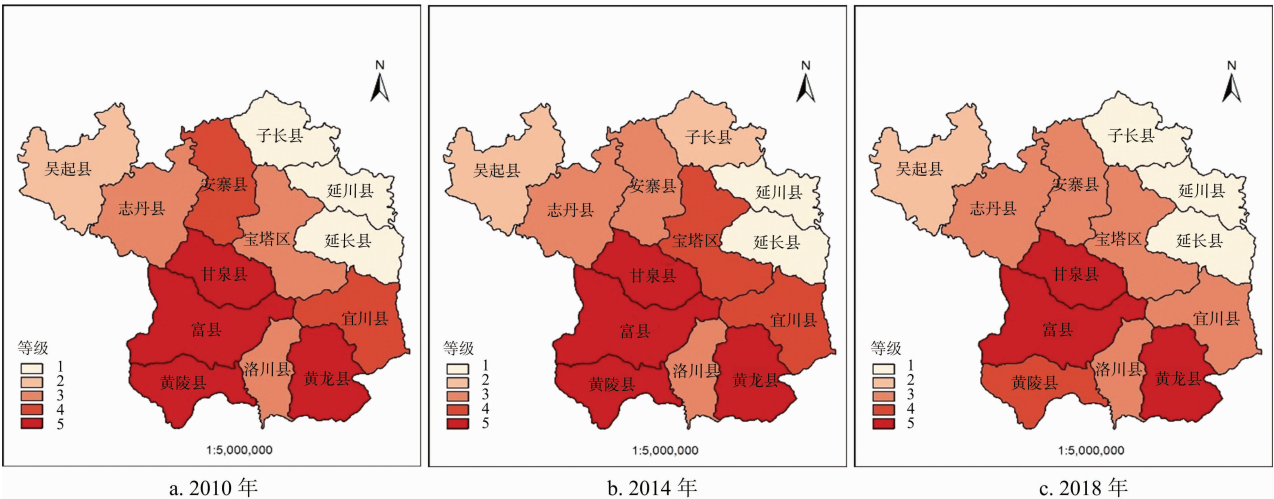


图4 不同时期延安市各县生态环境质量等级分布情况

如表 5 所示,使研究区生态恶化最主要的原因是林地转化为耕地和建设用,其次是园地向建设

用地的转化。耕地向园地和林地、草地向林地、建设用地向耕地的转化是改善研究区生态环境质量

主要的地类转化方式。导致区域生态环境质量恶化的土地利用转变类型贡献率的绝对值大于导致区域生态环境质量改善的土地利用转变类型贡献

率的绝对值,说明近 10 年来,延安市的生态环境质量呈现下滑趋势。

表 5 2010—2018 年延安市土地利用变化类型对生态环境的贡献率

项目	转变类型	贡献率 (%)	项目	转变类型	贡献率 (%)
导致区域生态环境质量恶化的土地利用转变类型及其贡献率	耕地→建设用地	-0.002 6	导致区域生态环境质量改善的土地利用转变类型及其贡献率	耕地→园地	0.005 5
	耕地→其他土地	-0.001 1		耕地→林地	0.003 5
	园地→耕地	-0.045 8		耕地→草地	0.000 7
	园地→草地	-0.001 8		耕地→水域	0.000 3
	园地→建设用地	-0.061 5		园地→林地	0.000 5
	园地→水域	-0.000 3		草地→园地	0.001 2
	园地→其他土地	-0.011 7		草地→林地	0.003 5
	林地→耕地	-0.097 3		草地→水域	0.000 2
	林地→园地	-0.001 0		建设用地→耕地	0.002 7
	林地→草地	-0.007 1		建设用地→园地	0.001 0
	林地→建设用地	-0.087 2		建设用地→林地	0.002 1
	林地→水域	-0.000 2		建设用地→草地	0.000 7
	林地→其他土地	-0.002 9		建设用地→水域	0.000 0
	草地→耕地	-0.000 7		水域→园地	0.000 1
	草地→建设用地	-0.000 9		水域→林地	0.000 5
	草地→其他土地	-0.001 8		其他土地→耕地	0.000 7
	建设用地→其他土地	-0.000 2		其他土地→园地	0.000 3
	水域→耕地	-0.003 2		其他土地→林地	0.001 6
	水域→草地	-0.000 4		其他土地→草地	0.000 1
	水域→建设用地	-0.001 9		其他土地→建设用地	0.000 4
	水域→其他土地	-0.000 8		其他土地→水域	0.000 0
整体贡献率		-0.330 4	整体贡献率		0.025 6

4 讨论与结论

4.1 讨论

本研究运用土地转移矩阵和土地动态度来反映延安市的土地利用变化情况,参考了李晓文等确定的不同地类的生态质量指数^[15],计算分析了延安市的生态变化特征。前人对土地利用转移矩阵和土地动态度的研究利用已经非常成熟,通过研究地类之间的相互转化关系,进而深入分析影响其发生变化的原因以及发生变化后所产生的影响^[16-17]。乔伟峰等对转移矩阵做了创新,提出了改进地类变化量和地类动态度计算模型,提出了地类转移无序度的概念、含义并构建了计算模型^[18],为土地利用变化分析提供了新的思路和手段。对于生态环境的研究,其着手点也不尽相同,彭建等采用空间格局指数以及生态系统服务功能衡量云南省永胜县

土地利用类型的相对生态价值,并评价其产生的生态效应,其结果表明林地对生态环境的影响程度最大^[19],本研究利用生态质量指数计算的结果与之吻合。本研究只从土地利用类型的变化现状对生态环境进行分析,而造成土地利用类型和生态环境变化的因素是复杂的,使得本研究结果较为单一,但本研究实现了对生态环境变化的快速分析计算,研究方法有待进一步完善,须充分考虑气候、人类活动等多种因素对生态环境的影响,为延安市未来的生态保护和可持续发展提供支撑。

4.2 结论

2010—2018 年,延安市的土地利用类型变化最为明显的地类为建设用地,其中宝塔区建设用地的面积增加最多,增加的建设用地有 47% 来源于减少的林地,据统计,这部分减少的林地,主要是由于 2011 年延安市启动建设“延安新区”的项目,砍伐大

量树木,使得林地大面积减少;另外越来越多油井和气井被发掘,使得建设用地面积不断增多,建设用地占用的林地面积也不断扩大,造成了林地的退化。耕地的变化也较为明显,增加的耕地主要来源于“治沟造地”项目,由于地形优势,延长县、甘泉县、黄龙县、黄陵县等 4 县“治沟造地”的效果较为明显,耕地的增加量较大。其主要举措是打坝淤地和削坡填沟;因此,在增加耕地面积的同时,破坏了沟旁原有的植被,其中林地占较大比例。

与 2010—2014 年相比,延安市 2014—2018 年土地利用变化率下降,说明随着国家宏观经济政策的不断调整,城市化发展逐渐缓慢,土地利用结构变化速度放缓。总体来看,耕地和建设用地的面积在不断扩大,同时其他土地的面积也在扩大,而维持生态的林地、草地,尤其是水域的面积在缩减,使得延安市整体的生态质量退化。莫宏伟等通过计算延安市生态系统服务功能的经济价值,研究了 1984—2002 年延安市城郊区的土地利用动态及生态效应变化,得出延安市城郊区土地利用变化所产生的环境响应是积极的结论^[20]。但就本研究得出的结论来看,延安市的生态出现“滑坡”,划定“三区三线”、规划发展方向、合理调整土地利用结构,及时遏制环境进一步恶化,对延安今后的发展尤为重要。

延安市总体的生态质量呈现南高北低的特征,甘泉县、富县、黄陵县的生态环境质量较好也较为稳定,子长县、延长县、延川县生态环境质量偏差,这是由于北部多草地,南部多林地的原因。经前文分析可知,林地对生态环境的贡献最为明显,研究期间,延安市各县的林地均呈现不同程度的减少,且减少的面积最大,林地的大面积减少是造成延安市生态退化的重要原因之一,而其他土地向林地转化是改善生态环境的有效途径。

参考文献:

- [1] 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):5-16.
- [2] Global Land Project. Science plan and implementation strategy[M]. Stockholm:IGBP Secretaria,2005.
- [3] McMahon G,Benjamin S P,Clarke K,et al. Geography for a changing world:a science strategy for the geographic research of the US Geological Survey, 2005—2015 [M]. Reston: US Geological Survey,2005.
- [4] Rindfuss R R,Walsh S J,Turner B L,et al. Developing a science of land change:challenges and methodological issues[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2004,101(39):13976-13981.
- [5] Herrick J E,Urama K C,Karl J W,et al. The global Land - Potential Knowledge System (LandPKS):supporting evidence - based, site - specific land use and management through cloud computing, mobile applications, and crowdsourcing [J]. Journal of Soil & Water Conservation,2013,68(1):5A-12A.
- [6] 林柳璇,尤添革,刘金福,等. 1985—2015 年厦门市土地利用变化及驱动力[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2019,48(1):103-110.
- [7] 童小容,杨庆媛,毕国华. 重庆市 2000—2015 年土地利用变化时空特征分析[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(11):89-103.
- [8] 杨 剑,肖仲凯,周 坤. 基于 GIS 与 RS 的海岸带土地利用变化分析[J]. 水利水电快报,2018,39(11):57-59,70.
- [9] 于 堃,单 捷,王志明,等. 无人机遥感技术在小尺度土地利用现状动态监测中的应用[J]. 江苏农业学报,2019,35(4):853-859.
- [10] 何青泽,谢德体,王 三,等. 重庆市北碚区土地利用转型及生态环境效应[J]. 水土保持研究,2019,26(2):294-300.
- [11] 吴 康,李耀川. 收缩情境下城市土地利用及其生态系统服务的研究进展[J]. 自然资源学报,2019,34(5):1121-1134.
- [12] 徐媛银,郭 烁,薛达元,等. 赣南地区土地利用格局及生态系统服务价值的时空演变[J]. 生态学报,2019,39(6):96-105.
- [13] 张天海,田 野,徐 舒,等. 滨海城市土地利用格局演变及对生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报,2018,38(21):7572-7581.
- [14] 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):81-87.
- [15] 李晓文,方创琳,黄金川,等. 西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应——以甘肃河西地区为例[J]. 第四纪研究,2003,23(3):280-290.
- [16] 刘 瑞,朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学,2010,32(8):1544-1550.
- [17] 王 飞,高建恩,邵 辉,等. 基于 GIS 的黄土高原生态系统服务价值对土地利用变化的响应及生态补偿[J]. 中国水土保持科学,2013,11(1):28-34.
- [18] 乔伟峰,盛业华,方 斌,等. 基于转移矩阵的高度城市化区域土地利用演变信息挖掘——以江苏省苏州市为例[J]. 地理研究,2013,32(8):1497-1507.
- [19] 彭 建,王仰麟,张 源,等. 滇西北生态脆弱区土地利用变化及其生态效应——以云南省永胜县为例[J]. 地理学报,2004,59(4):629-638.
- [20] 莫宏伟,任志远,谢红霞. 延安市城郊区土地利用动态与生态效应变化[J]. 水土保持学报,2004,18(4):130-133.