

基于土地利用变化的高阳县生态系统服务价值和碳排放风险研究

汤峰¹, 殷彦玲², 张蓬涛^{1,3}, 白宁¹

(1. 河北农业大学 国土资源学院, 河北 保定 071001; 2. 高阳县工商业联合会, 河北 高阳 071500; 3. 河北省农田生态环境重点实验室, 河北 保定 071001)

摘要: 研究土地利用变化下区域生态系统服务价值和土地碳排放风险的变化, 对于了解土地利用变化的生态环境响应, 促进区域经济与环境的协调发展, 实现低碳土地利用具有重要意义。以高阳县为研究区, 基于2009年和2016年土地利用数据, 利用网格法划分评价单元, 运用模型法定量评价了生态系统服务价值和土地碳排放风险, 并分析了时空演变特征, 最后对二者进行了相关性分析。结果表明: 2009—2016年高阳县土地利用变化特点为建设用地迅速扩张、水域等生态类用地大量减少; 生态系统服务价值总体偏低且研究期间呈下降趋势, 县域东中部地区整体高于西部地区; 土地碳排放风险总体偏低但在研究期间呈上升趋势, 县域中西部地区整体高于北部和东南部地区; 土地碳排放风险与生态系统服务价值存在显著负相关关系, 表明生态系统服务分析在土地利用碳排放研究中的应用的可能。

关键词: 土地利用变化; 生态系统服务价值; 土地碳排放风险; 高阳县

中图分类号: F301.2; X171

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)04-0265-07

Research on Ecosystem Service Value and Carbon Emission Risk of Gaoyang County Based on Land Use Change

TANG Feng¹, YIN Yanling², ZHANG Pengtao^{1,3}, BAI Ning¹

(1. College of Land and Resources, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001, China; 2. Gaoyang County Federation of Industry and Commerce, Gaoyang, Hebei 071500, China; 3. Key Lab for Farmland Eco-Environment of Hebei Province, Baoding, Hebei 071001, China)

Abstract: Study of the changes of regional ecosystem service value and land carbon emission risk under land use change has great significance for understanding the ecological environment response of land use change, promoting the coordinated development of regional economy and environment, and achieving low carbon land use. We took Gaoyang County as the research area. Based on the land use data of 2009 and 2016, we used the grid method to divide the evaluation unit, and used the model method to quantitatively evaluate the ecosystem service value and land carbon emission risk, then analyzed the temporal and spatial evolution characteristics, and finally analyzed the correlation between the two. The results showed that the characteristics of land use change in Gaoyang County were the rapid expansion of construction land and the reduction of ecological land use such as water area from 2009 to 2016. The ecosystem services value was generally low and declined during the study period, it was higher in eastern and central areas of the county than the western area. The land carbon emission risk was generally low but rose during the study period, it was higher in the western and central areas of the county than the north and southeast area. There was a significant negative correlation between the land carbon emission risk and the ecosystem service value, indicating the possibility of application of ecosystem service analysis to land use carbon emission research.

Keywords: land use change; ecosystem service value; land carbon emission risk; Gaoyang County

土地是各种生态系统的载体,人类在土地上的经营活动对地表的土地覆被状况产生了巨大的影响,驱动着生态系统提供服务能力的变化^[1]。土地利用变化是陆地生态系统碳循环最直接的人为驱动因素之一,其引起的碳排放量是仅次于化石能源燃烧的碳源^[2]。研究土地利用变化下区域生态系统服务价值和土地碳排放风险的变化,对于了解土地利用变化的生态环境响应,促进区域经济与环境的协调发展,实现低碳土地利用具有重要意义。

生态系统服务价值的研究起源于 19 世纪 60 年代,到 20 世纪 90 年代末随着 Costanza 等^[3]学者的研究成果相继问世以及由联合国资助的千年生态系统评估项目^[4]的开展,将生态系统服务价值研究推向了新的高度,其已成为生态环境研究领域的热点和前沿。国内外学者已在不同尺度、不同类型生态系统服务价值及其评价技术框架与方法研究方面取得了丰硕成果^[5-8],并应用于生态环境保护政策与管理规划的制定^[9]、为生态补偿提供依据^[10]、引导区域土地利用结构的优化^[11]、生态源地的确定^[12]等诸多方面。20 世纪 90 年代起,有关土地利用对碳排放的影响研究开始兴起,众多学者已从国家^[13]、区域^[14]、省^[15]、市^[16]等空间尺度对土地利用变化的碳排放效应^[17]、土地利用、能源消费与碳排放关系^[18]、低碳土地利用优化^[19]、土地利用碳排放风险^[20]等方面进行了大量研究,但是,研究多集中在对碳排放量的测算及时序变化分析上,对空间格局变化研究较少,且主要以行政区划为评价单元,不能够充分揭示碳排放的空间分布特征,对于县域尺度的碳排放研究也较少。

土地利用变化既会影响区域生态系统服务价值,也会导致碳排放发生变化,然而现有研究对生态系统服务价值和土地利用碳排放均是单独开展的,将二者结合起来进行研究的极少。鉴于此,本文基于县域尺度,以河北省高阳县为例,在分析土地利用变化的基

础上利用网格法划分评价单元,进行生态系统服务价值和土地碳排放风险的时空演变研究,探讨土地利用、生态系统服务价值和碳排放风险之间的内在联系,以期为高阳县土地科学利用、决策与管理,生态环境质量的改善提供参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

高阳县(115°38′—115°39′E,38°30′—38°46′N)隶属于河北省保定市,位于河北省中部腹地;县域地势平坦开阔,东西长达 30 km,南北纵跨 28.5 km,国土总面积为 49 476.81 hm²;属于典型的温带大陆性季风气候,四季分明,常年平均气温 11.9℃,年平均降水量 515.2 mm;境内共有潞龙河、孝义河和小白河 3 条汇入白洋淀的季节性河流。截至 2016 年末,高阳县下辖 4 镇 5 乡共 181 个行政村,总人口 35.73 万人,城镇化率 45.34%;全县生产总值完成 96.3 亿元,增长 9.4%,一二三产业的产值占比为 8.87:61.59:29.54。近年来,随着京津冀一体化的开展,高阳县经济发展迅速,土地开发利用程度加剧,生态系统服务功能被损害的风险增大,同时碳排放风险变化也剧烈,因此,对该县域进行生态系统服务价值和土地碳排放风险评估及其时空演变研究具有重要的现实意义。

1.2 数据来源及处理

土地利用数据来源于高阳县 2009 年和 2016 年土地利用变更调查数据库;社会经济数据来源于 2009 年和 2016 年《高阳县国民经济统计资料》和国家统计局网站。本文根据研究需要和高阳县实际用地情况,参考 2007 年全国土地分类标准,将高阳县土地利用类型分为耕地、园地、林地、建设用地、水域和未利用地共六大类,具体分类规则如表 1 所示。利用网格法将研究区按 250 m×250 m 大小的网格进行划分,共得到 8 302 个评价单元。

表 1 土地利用分类

土地利用类型	含义
耕地	旱地、水浇地、设施农用地
园地	果园、其他园地
林地	有林地、其他林地
建设用地	建制镇、村庄、采矿用地、风景名胜及特殊用地、交通运输用地、水工建筑用地
水域	沟渠、河流水面、坑塘水面、内陆滩涂
未利用地	其他草地、裸地、沙地、盐碱地

2 研究方法

2.1 土地利用变化分析

根据表 1 的土地利用分类原则,基于 ArcGIS 10.2 软件将 2009 年和 2016 年高阳县土地利用现状

图重分类并对各土地利用类型的面积进行统计,利用土地利用转移矩阵计算出各土地类型的转化方向。

2.2 生态系统服务价值计算

2.2.1 计算模型 利用 Costanza 等^[3]提出的生态系统服务价值分析模型计算高阳县生态系统服务价

值,计算公式如下:

$$V_t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n S_i \times M_{ij} \tag{1}$$

式中: V_t 为区域生态系统服务总价值(元); S_i 为第 i 类土地利用类型面积(hm^2); M_{ij} 为第 i 类生态系统的第 j 类生态服务价值系数(元/ hm^2); i 为生态系统类型个数; j 为生态系统服务类型个数。

2.2.2 模型修正 谢高地等^[21]在 Costanza 等^[3]研究的基础上制定了中国陆地生态系统服务价值当量因子表,本文在此基础上,从粮食单产经济价值、土地利用类型、区域差异系数和社会发展系数 4 个方面对中国陆地生态系统服务价值当量因子表进行修正。

(1) 粮食单产经济价值修正。参照谢高地等^[21]的研究结果,利用高阳县 2009 年和 2016 年粮食种植面积和产值计算单位面积粮食价格,取两年平均值的 1/7 进行修正,得到 1 个单位当量因子的经济价值为 2 545.85 元/ hm^2 。

(2) 土地利用类型修正。本文根据研究区的实际土地利用情况,将林地对应谢高地的中国陆地生态系统服务价值当量因子表^[21]中的森林系统,耕地对应农田系统,水域对应水体系统,未利用地对应荒漠系统。研究区园地主要是种植果树和其他灌木,生态系统介于林地和耕地之间,生态作用相当于人工林地,因此本文取森林和农田系统和的一半作为园地的当量因子。由于中国陆地生态系统服务价值当量因子表中没有建设用地,因此,本文主要参考宗跃光^[22]和李晓赛^[23]等的研究成果确定研究区建设用地的当量因子。

(3) 区域差异系数修正。由于各个地区地理环境状况不同,生物量也有所差异,而生物量越大,其所具有的生态系统服务功能也就越强。根据研究区的实际情况,本文采用净初级生产潜力代替生物量的方式,对当量因子加以修正,具体计算公式^[24]如下:

$$Q_t = \frac{NPP}{NPP_{mean}} \tag{2}$$

$$NPP = 3000[1 - e^{-0.0009695(V-20)}] \tag{3}$$

$$V = \frac{1.05R}{\sqrt{1 + (1 + 1.05R/L)^2}} \tag{4}$$

$$L = 3000 + 25t + 0.05t^3 \tag{5}$$

式中: Q_t 为第 t 年的区域差异系数; NPP 为自然植被净初级生产潜力 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; NPP_{mean} 为所有类型植被的平均净初级生产力; V 为年实际蒸散量(mm); L 为年平均蒸散量(mm); t 为年平均气温($^{\circ}\text{C}$); R 为年平均降水量(mm)。

本文从中国气象数据网和高阳县国民经济统计资料中获取全国和高阳县常年平均气温、常年降雨量,再根据上述公式计算得到高阳县区域差异系数为 0.86。

(4) 社会发展系数修正。Wilson 等^[25]认为,人类对生态系统服务价值的认识,是一个循序渐进、逐步深入的动态过程,其价值量的大小与社会经济发展阶段密切相关。本文用皮尔生长曲线模型表示社会发展系数来对当量因子加以修正。具体计算公式如下^[26]:

$$S = \frac{l_{\text{研究区}}}{l_{\text{全国平均}}} \tag{6}$$

$$l = \frac{L}{1 + e^{-(1/E_n - 3)}} \tag{7}$$

式中: S 为社会发展修正系数; l 为与现实支付意愿有关的社会发展阶段系数; L 为极富阶段的支付意愿,取值为 1; E_n 为恩格尔系数。

本文从高阳县国民经济统计资料和国家统计局网站获取 2009 年和 2016 年高阳县和全国恩格尔系数,再根据上述公式计算社会发展修正系数,得到两年的平均值为 1.34。

通过粮食单产经济价值修正、土地利用类型修正、区域差异系数修正和社会发展系数修正后得到高阳县单位面积生态系统服务价值系数,如表 2 所示。

表 2 高阳县单位面积生态系统服务价值系数 元/ hm^2

生态服务类型		生态系统类型					
一级类型	二级类型	耕地	园地	林地	水域	建设用地	未利用地
供给服务	食物生产	2933.84	1965.67	968.17	1554.93	0.00	58.68
	原材料生产	1144.20	4958.19	8742.84	1026.84	0.00	117.35
调节服务	气体调节	2112.36	7393.27	12674.18	1496.26	-4078.03	176.03
	气候调节	2845.82	7393.27	11940.72	6043.71	0.00	381.40
	水文调节	2259.05	7129.23	11999.40	55068.13	-8860.19	205.37
	废物处理	4078.03	4576.79	5046.20	43567.49	-9446.96	762.80
支持服务	保持土壤	4312.74	8068.05	11794.03	1202.87	0.00	498.75
	维持生物多样性	2992.51	8126.73	13231.61	10063.06	0.00	1173.54
文化服务	提供美学景观	498.75	3315.24	6102.38	13026.24	0.00	704.12
合计		23177.32	52926.43	82499.51	133049.53	-22385.18	4078.03

2.3 土地碳排放风险评估

2.3.1 评估模型 土地碳排放风险指数大小由评价

单元内的各土地利用类型面积大小以及各地类的碳排放系数共同决定,碳排放风险指数越大说明单位区

域内碳排放量越大。计算公式^[20]如下:

$$C_{Ri} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i P_i}{S} \tag{8}$$

式中: C_{Ri} 为土地碳排放风险指数; S_i 为第 i 种土地利用类型的面积; S 为区域土地利用总面积; P_i 为第 i 种土地利用类型的碳排放系数。

2.3.2 碳排放系数确定 本文在参考 Cai 等^[27]、赖力^[17]、方精云等^[28]的研究成果基础上, 确定耕地、园地、林地、水域和未利用地的碳排放系数分别为 0.372, -0.398, -0.644, -0.410, -0.005 t/(hm² · a)。

建设用地的碳排放系数根据研究区化石能源消费产生的碳排放总量与建设用地面积的比值确

定。其中化石能源消费产生的碳排放总量计算公式^[20]如下:

$$E = \sum e_j = \sum E_j \times \mu_j \times \epsilon_j \tag{9}$$

式中: E 为碳排放总量; e_j 为第 j 种能源消耗所产生的碳排放量; E_j 为第 j 种能源的消耗量; μ_j 为第 j 种能源转换标准煤系数; ϵ_j 为第 j 种能源的碳排放系数。各种化石能源转标准煤系数和碳排放系数来源于 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南, 见表 3。

通过查找高阳国民经济统计资料, 按规模以下工业企业主要能源消费量、规模以上工业企业能源消费情况和有关行业能源消费量这 3 类数据统计 2009 年和 2016 年的各种能源消耗量, 见表 4。

表 3 各种能源转换标准煤系数和碳排放系数

项目	原煤	煤制品	天然气	汽油	煤油	柴油	液化石油气
转标准煤系数	0.7143	0.5286	1.33	1.4714	1.4714	1.4571	1.7143
碳排放系数	0.7559	0.7559	0.4483	0.5538	0.5714	0.5921	0.5042

表 4 高阳县各种能源消耗统计

年份	原煤/t	煤制品/t	天然气/ 10 ³ m ³	汽油/t	煤油/t	柴油/t	液化石油气/ 10 ³ m ³
2009 年	309785.4	4075	0	12689	755	9344.15	6293.9
2016 年	297747.6	35	1580.8	38816	682	34757.63	490

根据公式(9)和表 3—4, 结合高阳县建设用地情况, 计算得到建设用地的碳排放系数为 20.298 t/(hm² · a)。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化

高阳县 2009 年和 2016 年主要的土地类型为耕地和建设用地, 两者总占比超过高阳县国土总面积的 87%(图 1)。2009—2016 年, 除了耕地和建设用地面积增加外, 园地、林地、水域和未利用地面积均呈不同程度减少。建设用地面积增加最多达 394.33 hm², 增幅为 3.91%; 耕地面积增加了 287.46 hm², 由于基数大, 增幅仅为 0.86%; 水域用地下降幅度最大达 20.31%, 面积减少了 385.76 hm²; 未利用地面积减少也较大, 达 257.52 hm², 减幅为 11.44%; 林地和园地变化较小, 面积分别减少了 34.81, 3.70 hm², 减幅分别为 2.72%, 0.61%。总体来讲高阳县这一时期土地利用变化的特点是建设用地迅速扩张、水域等生态类用地逐渐减少, 主要是在研究期间高阳县经济快速发展、人口不断增加、城镇化加速推进, 需要以一定的土地作为承载, 这导致大量的未利用地、林地和水域用地被开发成为耕地和建设用地, 以满足人口增长对粮食的需求和经济建设活动扩张的需要。

为更加全面详细地了解高阳县在这一时期土地利用变化的结构特征, 构建土地利用转移矩阵(表 5)。

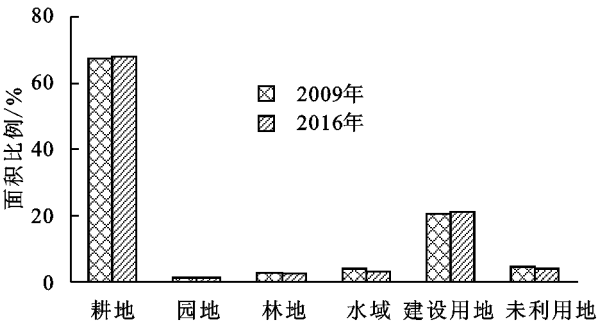


图 1 土地利用类型面积变化

从转出角度分析, 2009—2016 年耕地、园地、林地、水域、建设用地和未利用地均发生了不同程度的转出量; 转出量最大的是水域用地, 共转出了 385.76 hm², 主要转出方向为耕地和建设用地, 其中耕地占转出量的 95.80%, 建设用地占水域转出量的 4.20%; 其次是未利用地, 转出量达到 257.52 hm², 主要转出方向为耕地和建设用地, 其中耕地占转出量的 59.24%, 建设用地占转出量的 40.76%; 耕地转出量较大达到了 238.766 hm², 且全部转出为建设用地, 这是由于高阳县城镇化的快速发展导致城镇附近的大量耕地被占用为建设用地; 林地和园地转出量较少且主要转出为建设用地; 建设用地也产生了转出, 但转出量极少仅有 0.09 hm², 且全部转出为耕地, 这可能与废弃居民点整理及工矿废弃地复垦有关。从转入的角度分析, 2009—2016 年仅有耕地和建设用地存在转入量, 其余地

类均未产生转入量;耕地转入量最大达 526.21 hm²,主要来源于水域和未利用地,转入率分别为 70.23%,28.99%;建设用地共转入 394.43 hm²,主要来源于耕地和未利用地,转入率分别为 60.53%,26.61%,由林地、水

域和园地转化而来的建设用地较少,转入率分别为 8.06%,4.11%,0.69%。总体来看,高阳县 2009—2016 年土地利用转变方向主要为园地、林地、水域和未利用地转为建设用地和耕地。

表 5 2009—2016 年土地利用转移矩阵

年份	土地利用 类型	项目	2016 年					
			耕地	园地	林地	水域	建设用地	未利用地
2009 年	耕地	面积/hm ²	33104.92	0	0	0	238.76	0
		转出率/%		0	0	0	100	0
	园地	面积/hm ²	0.97	604.41	0	0	2.73	0
		转出率/%	26.22		0	0	73.78	0
	林地	面积/hm ²	3.03	0	1246.36	0	31.78	0
		转出率/%	8.70	0		0	91.30	0
	水域	面积/hm ²	369.56	0	0	1514.11	16.20	0
		转出率/%	95.80	0	0		4.20	0
	建设用地	面积/hm ²	0.09	0	0	0	10091.96	0
		转出率/%	100	0	0	0		0
	未利用地	面积/hm ²	152.56	0	0	0	104.96	1994.41
		转出率/%	59.24	0	0	0	40.76	

3.2 生态系统服务价值的时空演变

从时间角度来看,2009—2016 年高阳县生态系统服务价值呈下降趋势,总价值由 94 674.65 万元下降为 88 913.89 万元,减少了 6.08%(表 6);各生态系统服务功能中,除了食物生产和保持土壤的服务价值出现微度增加外,其余功能的服务价值均出现不同程度的减少;其中水文调节和废物处理的服务价值下降最明显,分别减少了 22.21%,14.7%。这主要是因为研究期间高阳县城镇化快速推进,导致大量建设用地占用林地和水域等生态类用地,由此造成生态系统服务价值减少。

为了充分体现高阳县生态系统服务价值的空间变化差异,将两期各评价单元的生态系统服务价值划分为-139 907.38~0,0~150 000,150 000~300 000,300 000~831 559.58 元共 4 个区间,分别对应负值区、低值区、中值区和高值区 4 个等别。由表 7 可知,高阳县生态系统服务价值总体偏低,2009 年和 2016 年处于低值区的面积最大,分别占 61.22%,61.54%;高值区面积最少,分别占 6.09%,5.24%。从变化情况

来看,2009—2016 年负值区和低值区面积增加,而中、高值区面积减少;其中负值区面积增加最多达 293.54 hm²,增幅为 3.49%;高值区面积减少最多达 420.26 hm²,减幅为 13.95%。从各等级的变化情况可以发现,高阳县生态系统服务价值呈下降趋势,生态环境日益恶化。

表 6 高阳县 2009—2016 年生态系统服务价值时序变化

生态系统 服务功能	生态系统服务价值/万元		变化率/%
	2009 年	2016 年	
食物生产	10334.71	10353.46	0.18
原材料生产	5458.32	5416.31	-0.77
气体调节	5325.10	5115.91	-3.93
气候调节	12702.54	12497.08	-1.62
水文调节	11070.12	8611.67	-22.21
废物处理	13437.61	11462.75	-14.70
保持土壤	16722.76	16743.45	0.12
维持生物多样性	14343.66	13962.20	-2.66
提供美学景观	5279.83	4751.06	-10.01
总计	94674.65	88913.89	-6.08

表 7 生态系统服务价值等级

等级	2009 年		2016 年		变化量/ hm ²	变化率/ %
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%		
负值区	8418.59	17.01	8712.13	17.61	293.54	3.49
低值区	30287.35	61.22	30446.34	61.54	158.99	0.52
中值区	7758.34	15.68	7726.07	15.61	-32.27	-0.42
高值区	3012.53	6.09	2592.27	5.24	-420.26	-13.95
总计	49476.81	100.00	49476.81	100.00	0	0

从空间角度来看(图 2),高阳县生态系统服务价值呈现出如下分布特点:县域东、中部地区生态系统服务价值整体高于西部地区;高值区呈条带状分布特

点,集中分布在东南和中部的潞龙河、孝义河和小白河流域沿线地带,主要是因为这些地区是水域和林地的集中分布区,而这两种地类的单位面积生态系统服

务价值较高;中值区和低值区广泛分布在县域各处;负值区呈团块状分布,与建制镇、农村居民点等建设用地的空间分布高度吻合,因为建设用地不提供生态系统服务价值,甚至产生负面影响。与 2009 年相比,2016 年低值区的分布范围变大,出现向周边区域扩散的特点;高值区分布范围萎缩,出现了向中、低值区域转变的现象。

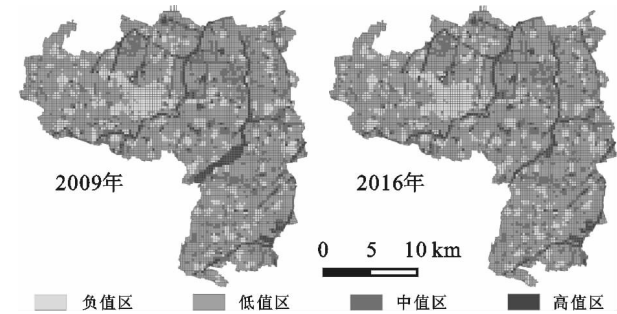


图 2 生态系统服务价值空间分布

3.3 土地碳排放风险的时空演变

为了更加直观、清楚地表达研究区土地碳排放风险的变化情况,本文从相对重要性的角度出发,对计算得到的各评价单元的土地碳排放风险指数划分为 $-0.6\sim0.5$, $0.5\sim7.7$, $7.7\sim13.5$, $13.5\sim20.3$ 共 4 个区

间,分别对应低度风险、中度风险、高度风险和重度风险 4 个等级,各等级分布情况见表 8 和图 3。

从时间角度来看(表 8),高阳县土地碳排放风险总体偏低,以低、中度风险为主,2009 年和 2016 年两者面积总占比分别为 77.21%,76.23%;2016 年低度风险区的比例较 2009 年减少了 3.97%,2016 年中度风险区、高度风险区和重度风险区的比例较 2009 年分别增加了 2.60%,2.43%,5.56%,这说明 2009—2016 年高阳县整体土地碳排放风险有所上升。

从空间角度来看(图 3),高阳县土地碳排放风险呈现出如下分布特点:县域中、西部地区土地碳排放风险整体高于北部和东南部地区;重度风险区呈团块状分布,与建制镇、农村居民点等建设用地的空间分布高度吻合,主要是因为这些地区是人类生产、生活的集中区域,能源消耗大,碳排放量高;高度风险区零星点状分布在重度风险区附近;中度风险区紧密围绕在重度和高度风险区周围;低度风险区分布范围最广,穿插在县域各处。与 2009 年相比,2016 年重度风险区呈现出向周边扩散的趋势,特别是高阳镇扩散最为明显;低度风险区分布范围变小,向中、高、重度风险区转变。

表 8 土地碳排放风险等级

等级	2009 年		2016 年		变化量/	变化率/
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	hm ²	%
低度风险	22515.85	45.51	21622.73	43.70	-893.12	-3.97
中度风险	15684.34	31.70	16092.11	32.53	407.77	2.60
高度风险	4535.18	9.17	4645.6	9.39	110.42	2.43
重度风险	6741.44	13.62	7116.37	14.38	374.93	5.56
总计	49476.81	100.00	49476.81	100.00	0.00	0.00

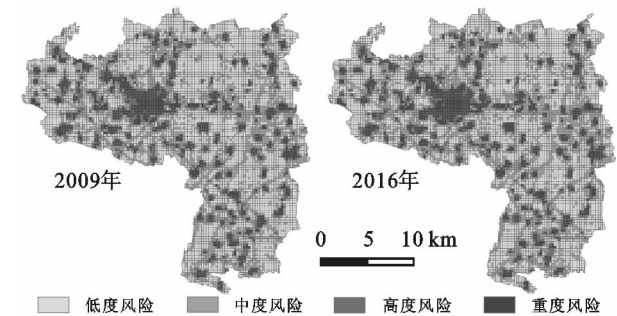


图 3 土地碳排放风险空间分布

3.4 土地碳排放风险与生态系统服务价值的关系

将高阳县 8 302 个评价单元的土地碳排放风险值与生态系统服务价值运用 SPSS 19.0 软件进行相关性分析,得到 2009 年和 2016 年的 Spearman 秩相关系数分别为 $-0.705(p<0.01)$ 和 $-0.723(p<0.01)$,表明二者具有显著的负相关关系,随着土地碳排放风险升高,生态系统服务价值下降。因此,由土地利用变化引起的碳排放风险变化可通过生态系统

服务价值的变化来体现,可考虑在土地利用碳排放评价中引入生态系统服务评价。

4 讨论与结论

4.1 讨论

本文利用网格法划分评价单元打破了行政区界限的限制,能够更加精确地反映生态系统服务价值和土地碳排放风险的空间分布特征。由于受资料收集的限制,在确定建设用地碳排放系数时仅考虑了高阳县能源消耗所产生的碳排放,没有考虑工业生产过程和废弃物的碳排放,未来需要进一步深入调研,加强资料收集,以便更科学的测算建设用地的碳排放。

4.2 结论

(1) 土地利用变化分析表明研究期间高阳县土地利用转变方向主要为园地、林地、水域和未利用地转为建设用地和耕地,这与高阳县经济快速发展、人口不断增加、城镇化加速推进密切相关。

(2) 生态系统服务价值时空演变分析表明:研究期间高阳县生态系统服务价值总体减少,这与建设用地的扩张和生态类用地的减少有关;研究区生态系统服务价值普遍存在中东部高,西部低的态势;高值区集中分布在东南和中部的潞龙河、孝义河和小白河流域沿线地带,负值区主要分布在建制镇、农村居民点等建设用地附近。

(3) 土地碳排放风险的时空演变分析表明:高阳县土地碳排放风险虽然总体偏低,但在研究期间呈上升趋势,这与生产建设活动的大力开展有关;研究区土地碳排放风险普遍存在中西部高,北部和东南部低的特点;重度风险区呈现出向周边扩散的趋势,低度风险区分布范围变小,向中、高、重度风险区转变。

(4) 高阳县土地碳排放风险与生态系统服务价值存在显著负相关关系,由土地利用变化引起的碳排放风险上升可直接表现为生态系统服务价值的下降,基于此可考虑将生态系统服务评价引入土地利用碳排放评价之中。

参考文献:

- [1] 熊鹰,张方明,龚长安,等. LUCC影响下湖南省生态系统服务价值时空演变[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(6):1397-1408.
- [2] 马晓哲,王铮. 土地利用变化对区域碳源汇的影响研究进展[J]. 生态学报, 2015, 35(17):5898-5907.
- [3] Costanza R, D'Arge R, Groot R D, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *World Environment*, 1997, 25(1):3-15.
- [4] 赵士洞,张永明. 生态系统评估的概念、内涵及挑战——介绍《生态系统与人类福利:评估框架》[J]. 地球科学进展, 2004, 19(4): 650-657.
- [5] Lautenbach S, Kugel C, Lausch A, et al. Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data [J]. *Ecological Indicators*, 2011, 11(2):676-687.
- [6] Groot R D, Brander L, Ploeg S V D, et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units[J]. *Ecosystem Services*, 2012, 1(1):50-61.
- [7] Wei S, Deng X Z, Yuan Y W, et al. Impacts of land-use change on valued ecosystem service in rapidly urbanized North China Plain[J]. *Ecological Modelling*, 2015, 318(24):245-253.
- [8] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999, 19(5):607-613.
- [9] Gos P, Lavorel S. Stakeholders' expectations on ecosystem services affect the assessment of ecosystem services hotspots and their congruence with biodiversity [J]. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, 2012, 8(1):1-14.
- [10] 张皓玮,方斌,魏巧巧,等. 区域耕地生态价值补偿量化模型构建:以江苏省为例[J]. 中国土地科学, 2015, 29(1):63-70.
- [11] 李涛,甘德欣,杨知建,等. 土地利用变化影响下洞庭湖地区生态系统服务价值的时空演变[J]. 应用生态学报, 2016, 27(12):3787-3796.
- [12] 汤峰,张蓬涛,张贵军,等. 基于生态敏感性和生态系统服务价值的昌黎县生态廊道构建[J]. 应用生态学报, 2018, 29(8):2675-2684.
- [13] 袁凯华,梅昀,陈银蓉,等. 中国建设用地集约利用与碳排放效率的时空演变与影响机制[J]. 资源科学, 2017, 39(10):1882-1895.
- [14] 王渊刚,罗格平,冯异星,等. 近 50 a 玛纳斯河流域土地利用/覆被变化对碳储量的影响[J]. 自然资源学报, 2013, 28(6):994-1006.
- [15] 李玉玲,李世平,祁静静. 陕西省土地利用碳排放影响因素及脱钩效应分析[J]. 水土保持研究, 2018, 25(1):382-390.
- [16] 文枫,鲁春阳. 重庆市土地利用碳排放效应时空格局分异[J]. 水土保持研究, 2016, 23(4):257-262.
- [17] 赖力. 中国土地利用碳排放效益研究[D]. 南京:南京大学, 2010.
- [18] 周璟茹,赵华甫,吴金华. 关中城市群土地集约利用与碳排放关系演化特征研究[J]. 中国土地科学, 2017, 31(11):55-61.
- [19] 路昌,雷国平,周浩,等. 松嫩平原肇源县土地利用结构低碳优化研究[J]. 水土保持研究, 2016, 23(5):310-315.
- [20] 魏媛,吴长勇. 喀斯特贫困山区土地利用碳排放效应及风险研究:以贵州省为例[J]. 生态经济, 2018, 34(3):31-36.
- [21] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5):911-915.
- [22] 宗跃光,陈红春,郭瑞华,等. 地域生态系统服务的价值结构分析[J]. 地理研究, 2000, 19(2):148-155.
- [23] 李晓赛,朱永明,赵丽,等. 基于价值系数动态调整的青龙县生态系统服务价值变化研究[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(3):373-381.
- [24] 王宗明,梁银丽. 植被净第一性生产力模型研究进展[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(2):104-107.
- [25] Wilson M A, Carpenter S R. Economic valuation of freshwater ecosystem services in the United States: 1971—1997[J]. *Ecological Applications*, 1999, 9(3):772-783.
- [26] 李金昌. 生态价值论[M]. 重庆:重庆大学出版社, 1999.
- [27] Cai Z C, Kang G D, Tsuruta H, et al. Estimate of CH₄ emission from year-round flooded rice field during rice growing seasons in China[J]. *Pedosphere*, 2005, 15(1):66-71.
- [28] 方精云,郭兆迪,朴世龙,等. 1981—2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学, 2007, 37(6):804-812.