

doi: 10. 6046/zrzyyg. 2021406

引用格式: 王娟,王志红,张建国,等. 河南省国家级自然保护区人类活动遥感监测及其影响强度评价[J]. 自然资源遥感, 2022,34(4):235–242. (Wang J, Wang Z H, Zhang J G, et al. Remote sensing monitoring and impact intensity assessment of human activities in Henan national nature reserves[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2022, 34(4):235–242.)

河南省国家级自然保护区人类活动 遥感监测及其影响强度评价

王 娟, 王志红, 张建国, 初 娜, 李 斯, 尹 展

(有色金属矿产地地质调查中心, 北京 100012)

摘要: 为了客观、及时、准确掌握人类活动对保护区生态系统的影响,及时评估和发现管理保护中存在的问题,以河南省国家级自然保护区为例,采用 2016—2018 年国产高分遥感数据,提取 2016 年保护区的土地覆盖类型及 2016—2018 年人类活动,应用转移矩阵查清保护区新增人类活动的来源、变化类型、分布格局及其时空转化情况,分析不同类型保护区的人类活动变化特点,利用人类活动影响强度指数评价人类活动对保护区的影响程度和变化规律。结果显示:①2016 年河南省保护区普遍存在人类活动,主要包括农业用地和城镇村庄用地,主要分布于内陆湿地和古生物遗迹型保护区;②2016—2018 年期间,新增人类活动主要集中于内陆湿地型保护区,其主要来源于农业用地、林地、草地和湿地的转化;③2016—2018 年期间,保护区人类活动影响强度指数介于 0.045~4.735 之间,人类活动对森林生态、内陆湿地、野生动物和古生物遗迹等类型保护区的影响程度分别为轻微、明显、一般和严重。利用遥感技术和影响强度评价模型可准确查清保护区人类活动的空间分布状况、类型、强度及其动态变化等特点,对科学评估和提升保护区的管理具有重要的指导意义。

关键词: 人类活动; 遥感监测; 影响强度评价; 国家级自然保护区; 河南省

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097–034X(2022)04–0235–08

0 引言

国家级自然保护区是我国自然保护区重要组成部分,是推进生态文明、构建国家生态安全屏障、建设美丽中国的重要载体。但随着我国经济的快速发展和人口的增长,部分保护区已被非法侵占蚕食,“人工化”、“生境退化”的趋势日益严重,人类活动是当前自然保护区保护与管理面临的主要威胁因素之一。因此,开展分析人类活动对自然保护区的影响,快速、科学评估存在问题,对于保护区监管、布局及保护重点调整,并针对性地制定相关政策措施,具有极其重要的作用^[1–4]。

传统野外调查方法难以有效及时地监测保护区内的人类活动,且获取的信息有一定的局限性和滞后性;而遥感数据具有快速、宏观、可重复、成本低、效率高、长时序和大范围等优势,其在保护区的监测与评价中得到广泛应用。我国很重视保护区内的人

类活动监测及其质量评价,有多位学者利用遥感技术开展了这方面的研究,随着我国遥感技术进入“亚米级”时代,应用遥感技术监测保护区的人类活动大致经过 3 个阶段:第一阶段以国外低空间分辨率遥感数据为主,如利用 Landsat 数据开展单个保护区人类活动的时序性变化规律分析^[5–11],但 Landsat 数据空间分辨率低(30 m),很难识别细微的人类活动。第二阶段以国外低空间分辨率遥感数据和我国中等分辨率遥感数据相结合调查评估保护区人类活动情况,徐网谷等^[1]查清了 2010 年全国国家级自然保护区的人类活动分布状况;曹巍等^[3]研究了人类活动对国家级自然保护区生态系统的影响;张明莎等^[12]、何柏华等^[13]和张洪云等^[14]监测了单个保护区、省域保护区的人类活动情况。第三阶段以我国中高空间分辨率遥感数据为主开展了不同尺度保护区的人类活动影响研究,吴东辉等^[15]利用空间分辨率 8 m 的数据监测了可可西里保护区人类活动干扰状况;宋拥军等^[16]应用空间分辨率为 0.5 m 的数据开

收稿日期: 2021–11–30; 修订日期: 2022–03–25
基金项目: 中国地质调查局项目“新增矿山环境恢复治理遥感调查”(编号: DD20189805)和“全国矿山环境恢复治理状况遥感地质调查与监测”(编号: DD20190705)共同资助。
第一作者: 王 娟(1968–),女,博士研究生,教授级高级工程师,主要从事生态环境评价及环境遥感研究。Email: 150406137@qq.com。

展了山东省保护区的人类活动监测工作；胡苏李扬等^[17]基于空间分辨率 0.5 ~ 5 m 的数据和 0.2 m 的无人机高分数据分析了神农架大九湖近 13 a 的湿地土地利用类型变化及其驱动力因素；刘晓曼等^[2]基于空间分辨率 2 m 的数据研究了全国国家级自然保护区 2013—2015 年人类活动及其变化特征。因此,利用国产多源高分辨率卫星遥感数据现已成为自然保护区人类活动调查、监测、管理及其变化特征的重要研究方法与手段。

据文献显示,河南省国家级保护区主要开展单个保护区的生态系统服务功能、生态评价及景观格局等方面的研究^[18-20],以省域为尺度只开展过保护区的人类活动与地貌特征研究^[21]。本文在“新增矿山环境恢复治理遥感调查”和“全国矿山环境恢复治理状况遥感地质调查与监测”等项目提供的国产高分遥感数据及其他资料的基础上,在 ArcGIS 平台开展 2016 年河南国家级保护区土地覆盖类型及 2016—2018 年期间人类活动等信息提取,查清新增人类活动类型、分布格局及其时空转化情况,分析不同类型保护区的人类活动变化特点,利用人类活动影响强度指数定量与定性综合评价人类活动对保护区的影响程度,这些成果有利于保护区主管部门及时准确地掌握保护区的人类开发建设活动,防止不合理、不合法的人类活动对生态环境的损害,对维护保护区的生态功能、保护生物多样性和加强生态文明建设具有重要意义,为保护区的建设和发展、监督和管理提供有针对性的建议和技术支撑。

1 研究区概况

河南省位于中国中东部、黄河中下游,呈西高东低地势。截至 2016 年底,该省共设置国家级自然保护区 13 个,总面积为 4 578.68 km²,主要分布在太行山、伏牛山、大别山和桐柏山四大山系,以及黄河、淮河和长江干支流区域。按保护区类型划为森林生态系统类型 7 个(高乐山、小秦岭、宝天曼、鸡公山、连康山、伏牛山、河南大别山)、内陆湿地类型 3 个(河南黄河湿地、新乡黄河湿地鸟类、丹江湿地)、野生动物类型 2 个(太行山猕猴和董寨鸟类)和古生物遗迹类型 1 个(南阳恐龙蛋化石群)。这些自然保护区有效保护了河南省 75% 的国家一、二级重点保护野生动植物物种和 80% 的典型生态系统。

2 研究方法

2.1 数据源及处理

河南省国家级自然保护区边界矢量和遥感数据

来源于中国地质调查局矿山监测项目,保护区边界矢量包含保护区名称、类型、保护对象和始建年份等信息。

遥感数据选取覆盖河南省国家级自然保护区的空间分辨率分别为 0.5 m,1 m 和 2 m 的国产高空间分辨率卫星影像共 177 景,影像云覆盖率小于 5%,影像质量良好,其中以空间分辨率为 2 m 的高分一号卫星影像为主,同时补充其他类型的影像(表 1),遥感影像统一采用 1980 年西安坐标系、高斯-克吕格投影。

表 1 2016—2018 年保护区遥感数据信息
Tab.1 Remote sensing data information of national nature reserves from 2016 to 2018

年份	数据类型	分辨率/m	占比/%	拍摄时间
2016—2018 年	P1	0.5	0.50	6—10 月
	BJ2,GF-2,YG24,WV2	1	14.50	
	ZY-3,ZY-102C,GF-1,SPOT6,SPOT7	2	85.00	

根据保护区的边界矢量数据,裁剪 2016—2018 年保护区高分遥感数据,在此基础上解译保护区各类土地覆盖类型。

2.2 人类活动遥感信息提取

采用人机交互相结合的方法提取保护区土地覆盖类型。首先,采用监督分类方法提取 2016 年保护区土地覆盖类型,在此基础上,运用人工目视解译的方法再细分人类活动图斑;然后,在 2016 年解译的基础上,提取 2016—2017 年和 2017—2018 年人类活动变化情况。

保护区土地覆盖类型划分为自然用地和人类活动用地,其中自然用地细分为林地、草地、湿地和未利用地 4 种类型,人类活动用地细分为农业用地、园地、养殖场、人工湿地、人工草地、人工林地、城镇村庄用地、采矿用地、交通运输用地和其他建设用地 10 种类型。

2.3 转移矩阵

转移矩阵是反映客观事物由一种状态转移到另一种状态的量化指标,在土地覆盖类型动态变化研究中,表示不同时期同一区域自然用地与人类活动用地之间相互转换关系或者人类活动用地之间类型的转换,也可以理解为不同时期同一区域内人为活动类型的流向与转换。

利用转移矩阵分析保护区 2016—2017 年和 2017—2018 年 2 个时期新增人类活动空间转移特征,查清新增人类活动用地的来源、变化类型和变化方向等,如新增人工林地、人工草地和人工湿地等人工恢复治理用地增加表明人类活动对保护区是正面

影响,而农业用地、城镇村庄用地、采矿用地、交通用地和其他建设用地等人类活动用地增加表明人类活动对保护区的负面影响。

2.4 人类活动影响强度

不同类型的人类活动对自然保护区影响存在差异,为了定量研究人类活动对保护区的影响情况,参考了《生态环境状况评价技术规范》的有关评价规定,采用人类活动影响强度指数对全省国家级自然保护区的人类活动影响进行评价,评价模型为:

$$NRHI = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^n a_i b_i x_i \quad , \quad (1)$$

式中: $NRHI$ 为保护区人类活动影响强度指数; a_i 为保护区的不同功能区的影响权重,受资料收集的限制,保护区没有细分实验区、缓冲区和核心区等功能区,设 a_i 的影响权重为 1; b_i 为不同人类活动类型对保护区的影响权重; x_i 为人类活动用地面积; S 为保护区的总面积。

人类活动对保护区影响极其复杂,通过专家咨询法确定各类型的人类活动对保护区的影响权重,本次只考虑人类活动对环境的负面影响,对各种人类活动类型影响权重 b_i 进行赋值如表 2。依据人类活动指数的大小将人类对保护区影响强度定性划分为严重、明显、较明显、一般、轻微等 5 个级别(表 3),定性分析人类活动对保护区的影响程度。

表 4 2016 年保护区土地覆盖情况
Tab.4 Land use of national nature reserves in 2016

土地覆盖类型		保护区类型									
		森林生态		内陆湿地		野生动物		古生物遗迹		合计	
		面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
自然用地	林地	1 143.23	92.46	279.82	19.38	902.40	84.31	125.69	15.17	2 451.14	53.53
	草地	25.53	2.06	126.09	8.73	2.92	0.27	98.89	11.94	253.43	5.53
	湿地	28.99	2.34	384.66	26.65	13.91	1.30	8.31	1.00	435.87	9.52
	未利用地	1.64	0.13	8.03	0.56	0.20	0.02	—	—	9.87	0.22
	小计	1 199.39	97.00	798.60	55.32	919.43	85.90	232.89	28.12	3 150.31	68.80
人类活动用地	农业用地	28.71	2.32	559.02	38.72	130.07	12.15	560.89	67.72	1 278.69	27.93
	园地	3.47	0.28	43.43	3.01	7.35	0.69	0.08	0.01	54.33	1.19
	养殖场	—	—	6.27	0.43	—	—	—	—	6.27	0.14
	城镇村庄用地	0.69	0.06	16.68	1.16	7.68	0.72	32.75	3.95	57.80	1.26
	交通运输用地	—	—	2.70	0.19	2.07	0.19	0.98	0.12	5.75	0.13
	采矿用地	4.22	0.34	11.21	0.78	3.71	0.35	0.67	0.08	19.81	0.43
	其他建设用地	—	—	5.67	0.39	0.01	—	0.04	—	5.72	0.12
小计		37.09	3.00	644.98	44.68	150.89	14.10	595.41	71.88	1 428.37	31.20
合计		1 236.48	100.00	1 443.58	100.00	1 070.32	100.00	828.30	100.00	4 578.68	100.00

土地覆盖类型在不同类型保护区中空间分布具有不同的特点,森林生态保护区的土地覆盖类型主要为林地;内陆湿地保护区的土地覆盖类型主要为农业用地,其次为湿地和林地;野生动物保护区的土地覆盖类型主要为林地;古生物遗迹保护区的土

表 2 人类活动对保护区的影响权重
Tab.2 Influence weights of human activities in national nature reserves

人类活动类型	权重	人类活动类型	权重
农业用地	6	采矿用地	40
园地	4	交通运输用地	10
养殖场	10	其他建设用地	15
城镇村庄用地	15		

表 3 保护区人类活动影响强度分级
Tab.3 Impact intensity grading of human activities in national nature reserves

影响强度	人类活动情况
严重 V	人类活动类型和数量很多,采矿活动和开发建设活动明显,影响程度很大
明显 IV	人类活动类型和数量较多,建设用地明显,影响程度大
较明显 III	以农田、居民用地和养殖场为主要人类活动,建设用地少
一般 II	以农田为主,基本无人类建设用地
轻微 I	人类活动非常少,以自然用地为主

3 结果与分析

3.1 2016 年保护区土地覆盖情况

2016 年河南省国家级自然保护区土地覆盖情况如表 4 所示,其中自然用地面积为 3 150.31 km²,占保护区总面积的 68.80%,人类活动用地面积为 1 428.37 km²,占保护区总面积的 31.20%;按土地覆盖二级分类,林地所占比例最大,其次为农业用地和湿地,其他类型占比均小于 9%。因此,保护区土地覆盖类型主要为林地,其次为农业用地和湿地。

地覆盖类型主要为农业用地(表 4)。

2016 年,河南省 13 个国家级自然保护区人类活动非常普遍,有 8 901 处人类活动,其中,农业用地面积最大(比例为 89.52%)、数量最多(比例 75.41%),其次为城镇村庄用地和园地,对保护区生态环境影

响较大的采矿用地、交通运输用地和其他建设用地等人类建设工程用地面积之和占人类活动总面积的 2.19%，其数量占人类活动总数量的 8.11%，表明人类工程建设用地面积小、分布较分散；受历史遗留因素的影响，保护区当初申请时没有将农业用地划出和原住居民外迁，因此，在保护区内农业用地和城镇村庄用地为主要的人类活动(图 1)。

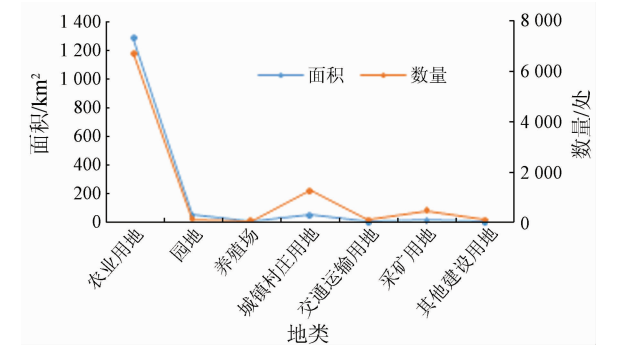


图 1 2016 年保护区人类活动类型面积和数量
Fig.1 Area and number of different human activities in national nature reserves in 2016

各类型保护区其人类活动也呈差异化，森林生态、内陆湿地、野生动物和古生物遗迹等类型保护区人类活动面积/数量分别为 37.09 km²/960 处、644.98 km²/2 671 处、150.90 km²/2 616 处和 595.41 km²/2 654 处，内陆湿地和古生物遗迹等类型保护区的人类活动面积和数量较多，内陆湿地保护区涵盖了 7 种人类活动，其他类型的保护区涵盖

了 6 种人类活动。因此，人类活动主要分布于内陆湿地和古生物遗迹型保护区，森林生态型保护区人类活动的面积和数量较少。

3.2 新增人类活动时空格局

3.2.1 新增人类活动变化

2016—2017 年，河南省有 12 个保护区新增 8 种类型的人类活动共 482 处，新增总面积 33.828 km²，其中，新增人工湿地面积最大、数量也最多，内陆湿地型保护区开展了退耕还湿和采矿用地恢复治理工作；2017—2018 年，河南省有 6 个保护区新增了 6 种类型的人类活动共 80 处，新增总面积为 3.896 km²，其中，人工草地的面积和数量较大，占总新增面积和数量的比例分别为 74.67% 和 27.50%。对比 2016—2017 年和 2017—2018 年的新增人类活动数量和面积，2016—2017 年期间人类活动对自然保护区的影响程度强于 2017—2018 年(表 5)。将人工草地、人工林地和人工湿地归为人类活动对保护区的正面影响—环境恢复治理，其他新增人类活动用地归为人类活动对保护区的负面影响—环境扰动。2016—2017 年和 2017—2018 年人类活动对保护区产生正面影响的面积分别为 27.483 km² 和 3.298 km²，产生负面影响的面积分别为 6.345 km² 和 0.598 km²，这 2 个时段，人类活动对保护区产生的正面影响的面积是负面影响面积的 4 倍多，表明河南省国家级保护区加强了生态环境恢复治理。

表 5 2016—2018 年保护区新增人类活动的面积及数量

Tab.5 Area and number of new human activities in national nature reserves from 2016 to 2018										
时期	保护区类型	土地覆被类型面积(数量)/km²(处)								合计
		农业用地	采矿用地	居民用地	交通运输用地	其他建设用地	人工草地	人工林地	人工湿地	
2016—2017 年	森林生态	—	0.393(39)	—	0.013(7)	0.043(15)	—	0.004(2)	0.148(69)	0.601(132)
	内陆湿地	1.809(7)	0.318(18)	0.025(1)	0.558(20)	1.738(56)	1.002(4)	0.135(2)	25.739(133)	31.324(241)
	野生动物	—	0.223(13)	—	0.073(16)	0.044(27)	0.011(2)	0.023(1)	0.237(15)	0.611(74)
	古生遗迹	—	0.379(13)	0.144(7)	0.521(4)	0.064(9)	—	—	0.184(2)	1.292(35)
	合计	1.809(7)	1.313(83)	0.169(8)	1.165(47)	1.889(107)	1.013(6)	0.162(5)	26.308(219)	33.828(482)
2017—2018 年	森林生态	—	0.109(12)	—	0.080(16)	0.242(10)	—	—	—	0.431(38)
	内陆湿地	—	0.043(6)	—	—	0.115(5)	2.910(22)	0.048(1)	0.340(1)	3.456(35)
	野生动物	—	—	—	0.008(6)	0.001(1)	—	—	—	0.009(7)
	合计	—	0.152(18)	—	0.088(22)	0.358(16)	2.910(22)	0.048(1)	0.340(1)	3.896(80)
	比例/%	5.35(1.45)	3.88(17.22)	0.50(1.65)	3.44(9.75)	5.58(22.20)	2.99(1.24)	0.48(1.04)	77.77(45.44)	—

2016—2018 年期间，森林生态、内陆湿地、野生动物和古生物遗迹等类型保护区新增人类活动面积所占比例分别为 30.25%，49.11%，14.41% 和 6.23%，其数量占比为 2.74%，92.20%，1.64% 和 3.42%。因此，人类活动主要集中于内陆湿地类型保护区，其新增人类活动的面积最大、数量也较多，

森林生态和野生动物等类型保护区新增人类活动较弱，古生物遗迹型保护区在 2017—2018 年无新增人类活动，内陆湿地型保护区的新增人类活动对环境的影响强于其他类型的保护区。

3.2.2 人类活动时空动态格局

为进一步明确人为活动类型时空变化状况，利

用转移矩阵可以确定人类活动时空变化情况,其可以反映人类活动的方向和变化趋势,能够查清新增人类活动的来源及人类活动各类型间的相互转化情况,人类活动空间变化可分为扩展、缩小和类型转换 3 种形态^[16]。2016—2017 年期间,保护区人类活动变化的总面积为 33.828 km²,其中,扩展面积为

5.744 km²,类型转换面积为 28.084 km²。因此,该期间人类活动空间变化形态总体是以类型转换为主;2017—2018 年期间,保护区人类活动变化的总面积为3.896 km²,其中,扩展面积为 2.332 km²,类型转换面积为 1.564 km²,因此,该期间人类活动空间变化形态总体是以扩展为主(表 6—7)。

表 6 2016—2017 年土地覆盖类型面积转移矩阵

Tab.6 Transition matrix of land use in the national nature reserves from 2016 to 2017 (km²)

2016 年	2017 年								
	采矿用地	城镇村庄用地	交通运输用地	其他建设用地	农业用地	人工草地	人工林地	人工湿地	合计
林地	0.691	0.030	0.388	0.148	0.018	—	—	0.164	1.439
草地	0.056	—	0.318	0.080	0.016	—	—	0.612	1.082
湿地	—	—	—	0.779	1.728	0.718	—	—	3.225
农业用地	0.566	0.140	0.459	0.883	—	—	0.023	25.526	27.597
采矿用地	—	—	—	—	0.047	0.295	0.138	0.006	0.486
合计	1.313	0.170	1.165	1.890	1.809	1.013	0.161	26.308	33.829

表 7 2017—2018 年土地覆盖类型面积转移矩阵

Tab.7 Transition matrix of land use in the national nature reserves from 2017 to 2018 (km²)

2017 年	2018 年						
	采矿用地	交通运输用地	其他建设用地	人工草地	人工林地	人工湿地	合计
林地	0.148	0.088	0.248	—	—	—	0.484
草地	—	—	0.002	—	—	—	0.002
湿地	—	—	—	1.846	—	—	1.846
农业用地	0.004	—	0.109	—	—	0.340	0.453
采矿用地	—	—	—	1.063	0.048	—	1.111
合计	0.152	0.088	0.359	2.909	0.048	0.340	3.896

2016—2018 年期间,人类活动扩展面积来源于林地、草地和湿地等自然用地向人类活动用地转化,如林地主要转为采矿用地、交通运输用地和其他建设用地,草地主要转化为交通运输用地和其他建设用地,湿地主要转化为农业用地和人工草地;人类活动类型转化主要为农业用地和采矿用地转化为其他类型的人类活动用地,农业用地主要转化为人工湿地,其次转为其他建设用地、采矿用地和交通运输用地,采矿用地通过矿山恢复治理转为人工草地、人工林地、人工湿地和农业用地。

2016—2018 年期间,自然用地共减少了 8.079 km²,其中,林地、草地和湿地分别减少了 1.923 km²,1.083 km²和 5.073 km²;人类活动用地中只有农业用地和采矿用地既有类型转换又有新增,农业用地转换的面积为 28.051 km²,其他地类转换为农业用地面积为 1.809 km²,农业用地净转化面积为 26.242 km²,采矿用地净转化面积为 0.132 km²;2017 年和 2018 年新增各类型人类活动用地中,新增人工湿地显著,其新增面积占比高达 70.64%;因

此,新增人工湿地主要来源于农业用地的转化。

3.3 人类活动影响强度评价

利用公式(1)计算了保护区 2016—2018 年的人类活动影响强度指数,计算 2017 年和 2018 年强度指数时,在 2016 年基础上增加了新增人类活动的面积,同时也扣除了农业用地、采矿用地转化为人工林地、草地和湿地的面积。

2016—2018 年期间,保护区人类活动影响强度指数介于 0.045 ~ 4.735 之间,宝天曼的指数最低,新乡黄河湿地鸟类的指数最高;2016—2017 年期间,除了鸡公山的指数无变化外,其他 12 个保护区的指数呈小幅度下降;2017—2018 年期间,有 61.54% 的保护区的指数无变化,有 30.77% 的保护区的指数呈小幅度上升,有 7.69% 的保护区指数呈小幅度下降;保护区指数无变化表明无人类活动增加,指数呈增加变化表明人类活动对保护区的负面影响增加,指数呈下降变化表明人类活动对保护区的正影响增加(表 8)。2016—2018 年,全省国家级保护区人类活动影响强度指数呈小幅度下降趋势,表明人类活动对保护区的负面影响呈减少趋势;不同类型的保护区其影响强度指数变化也呈不同特点,森林生态类型指数最小,古生物遗迹类型指数最高;森林生态类型和野生动物类型的指数虽然每年呈微弱幅度增加,但这 2 种类型保护区的指数远低于全省平均指数,表明人类活动对森林生态和野生动物保护区的影响很弱且处于局部;内陆湿地类型和古生物遗迹类型指数呈小幅度下降趋势,但这 2 种类型保护区的指数远高于全省平均指数,表明人类活动对其影响强度大且范围广;古生物遗迹和内

陆湿地等类型保护区主要位于坡度相对较缓的平原和台地,这种地形地貌便于人类活动,森林生态和野生动物等类型保护区主要位于坡度较陡的小起伏山

地和丘陵,这种地形地貌限制了人类开展各项活动,且活动成本较高。

表 8 2016—2018 年保护区人类活动影响程度评价

Tab. 8 Evaluation of human interference degree in national nature reserve during 2016—2018

类型	保护区	2016 年	2017 年	2018 年	2017—2016 年差值	2018—2017 年差值
森林生态	宝天曼	0.045 0	0.051 0	0.104 8	0.006 0	0.053 8
	伏牛山	0.078 7	0.080 1	0.080 1	0.001 4	—
	高乐山	0.550 2	0.567 4	0.575 5	0.017 2	0.008 1
	河南大别山	0.451 3	0.454 6	0.454 6	0.003 3	—
	鸡公山	0.677 0	0.677 0	0.677 0	—	—
	连康山	0.260 5	0.261 1	0.295 6	0.000 6	0.034 5
	小秦岭	0.931 8	1.009 4	1.009 4	0.077 6	—
	平均	0.295 4	0.309 0	0.316 1	0.013 6	0.007 1
内陆湿地	丹江湿地	2.046 3	1.846 5	1.846 5	-0.199 8	—
	河南黄河湿地	3.540 0	3.574 9	3.499 3	0.034 9	-0.075 6
	新乡黄河湿地鸟类	4.735 0	4.730 5	4.730 5	-0.004 5	—
	平均	3.048 8	2.969 4	2.940 9	-0.079 4	-0.028 5
野生动物	董寨鸟类	1.729 0	1.732 0	1.732 0	0.003 0	—
	太行山猕猴	0.445 5	0.459 3	0.460 8	0.013 8	0.001 5
	平均	1.022 4	1.031 3	1.032 1	0.008 9	0.000 8
古生物遗迹	南阳恐龙蛋化石群	4.701 3	4.728 4	4.728 4	0.027 1	—
全省平均		2.130 6	2.116 1	2.109 3	-0.014 5	-0.006 8

依据人类活动影响强度指数将人类活动影响强度定性划分严重($NRHI > 4.0$)、明显($2.5 < NRHI \leq 4.0$)、较明显($1.5 < NRHI \leq 2.5$)、一般($0.5 < NRHI \leq 1.5$)和轻微($NRHI \leq 0.5$)5 个等级。受到人类活动轻微影响、一般影响、较明显影响、明显影响和严重影响(干扰)的保护区有 5 个、3 个、2 个、1 个和 2 个,各级影响程度的保护区的数量占总保护区数量的比例分别为38.46% ,23.08% ,15.38% ,7.69% 和 15.38% ,河南省有近 62% 的保护区内的人类活动对环境影响弱,有约 38% 的保护区内的人类活动对环境影响较明显甚至较强。

人类活动对各类型保护区影响程度各具特色,人类活动对森林生态类型保护区影响程度为轻微,对内陆湿地类型保护区影响程度明显,对野生动物类型保护区影响程度为一般,对古生遗迹保护区影响程度为严重;古生物遗迹和内陆湿地等类型保护区内不仅有大面积的农业用地和城镇村庄居民用地,还有类型丰富的建设用地,古生物遗迹保护区的人类用地面积是自然用地面积的 2.56 倍,内陆湿地保护区的人类用地面积是自然用地面积的 0.81 倍。因此,古生物遗迹和内陆湿地等类型保护区内的人类活动具有面积大、类型丰富、影响强度大等特点。河南省国家级保护区人类活动影响强度处于较明显状态,评估结果以定量与定性相结合的方式客观描述了国家级自然保护区的人类活动影响程度。

4 结 论

国家级自然保护区是我国自然保护区的主体,人类活动是影响保护区生物多样性和生态系统服务功能的重要因素。基于国产高分辨率遥感数据客观、准确、高效动态监测了保护区内的人类活动及其时空格局变化,利用模型定量与定性相结合综合评估了人类活动对保护区的影响或干扰程度,这些成果为当地保护区的保护与监测提供可靠的信息支撑。

1)利用国产高分遥感数据可快速确定人类活动空间分布情况,查清人类活动类型、强度等现状及变化特点,如可查清细微的人类活动,本次研究最小图斑面积为 54.87 m²。该成果明确保护区内的人类活动监管的方向,可为保护区人类活动日常监管和生态环境保护提供可靠支撑和服务。

2)人类活动对保护区的影响既有扰动的负面影响又有环境恢复治理的正面影响,以往的研究比较重视人类活动的负面影响。本文全面分析人类活动对保护区的影响,如河南省国家级自然保护区加大湿地的恢复治理,开展了一系列退耕还湿和矿山占地恢复治理。

3)河南省国家级自然保护区人类主要活动类型及其变化情况、不同类型保护区的人类活动特点、不同类型人类活动变化特征与中国国家级自然保护区人类活动及变化特征基本相一致,但本文利用转

移矩阵增加了人类活动时空转化格局,查清新增人类活动的来源及人类活动各类型间的相互转化情况,为将来环境恢复治理提供基础信息。

4)受保护区边界的限制,本次研究没有细分保护区的核心区、实验区和缓冲区等功能区;人类其他建设用地类型划分比较粗,如没有细分旅游占地,随着旅游业规模的扩大,旅游开发会成为影响保护区的主要人类驱动因素之一;受遥感数据的时间限制,本项研究时间只有 3 a,没能揭示长期人类活动及其变化规律。

参考文献 (References):

[1] 徐网谷,秦卫华,刘晓曼,等. 中国国家级自然保护区人类活动分布现状[J]. 生态与农村环境学报,2015,31(6):802–807.
Xu W G, Qin W H, Liu X M, et al. Status quo of distribution of human activities in the national nature reserves[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2015, 31(6):802–807.

[2] 刘晓曼,付卓,闻瑞红,等. 中国国家级自然保护区人类活动及变化特征[J]. 地理研究,2020,39(10):2391–2402.
Liu X M, Fu Z, Wen R H, et al. Characteristics of human activities and the spatio-temporal changes of national nature reserves in China[J]. Geographical Research, 2020, 39(10):2391–2402.

[3] 曹巍,黄麟,肖桐,等. 人类活动对中国国家级自然保护区生态系统的影响[J]. 生态学报,2019,39(4):1338–1350.
Cao W, Huang L, Xiao T, et al. Effects of human activities on the ecosystems of China's national nature reserves[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(4):1338–1350.

[4] 张飞,张耀民,江东,等. 自然保护区建设项目生态环境影响评价[J]. 北京测绘,2019,33(2):138–143.
Zhang F, Zhang Y M, Jiang D, et al. Ecological environment impact assessment of nature reserve construction projects[J]. Beijing Surveying and Mapping, 2019, 33(2):138–143.

[5] 黄贤峰,杨永菊,武艺,等. 1990—2017 年喀斯特自然保护区土地利用变化对生境质量的影响[J]. 水土保持通报,2018,38(6):345–351.
Huang X F, Yang Y J, Wu Y, et al. Land use change and its impact on Habitat Quality in Karst nature reserve from 1990 to 2017[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(6):345–351.

[6] 幸赞品,颜长珍,冯坤. 1975—2015 年甘肃省白龙江流域自然保护区生态系统服务价值及其时空差异[J]. 中国沙漠,2019,39(3):172–180.
Xing Z P, Yan C Z, Feng K. Spatial and temporal variation of ecosystem service value in the nature reserves of Bailongjiang watershed from 1975 to 2015[J]. Journal of Desert Research, 2019, 39(3):172–180.

[7] 蒋斋,孙小银,刘飞,等. 1975—2015 年南四湖自然保护区生态系统服务价值时空变化分析[J]. 生态科学,2019,38(3):201–210.
Jiang Z, Sun X Y, Liu F, et al. Spatio-temporal variation of ecosystem service values in Nansihu Lake reserve during 1975—2015[J]. Ecological Science, 2019, 38(3):201–210.

[8] 马超,王夏冰,刘畅. 41 年罗山自然保护区人地关系的演进

与孤立生境的形成[J]. 生态学报,2019,39(20):7709–7721.
Ma C, Wang X B, Liu C. Evolution of human-land relationship and its ecological isolation in Luoshan nature reserve[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(20):7709–7721.

[9] 杜军,牛晓俊,袁雷,等. 1971—2017 年羌塘国家级自然保护区陆地生态环境变化[J]. 冰川冻土,2020,42(3):1017–1026.
Du J, Niu X J, Yuan L, et al. Climatic and environmental features in Changtang national nature reserve during 1971—2017[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2020, 42(3):1017–1026.

[10] 魏凌伟,兰思仁,熊慧锦,等. 1988—2018 年武夷山自然保护区生境质量评价[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2021,41(4):1–11.
Wei L W, Lan S R, Xiong H J, et al. Habitat quality evaluation of Wuyi Mountain national nature reserve in 1988—2018 based on remote sensing data[J]. Journal of Southwest Forestry University, 2021, 41(4):1–11.

[11] 王耕,常畅,韩冬雪,等. 老铁山自然保护区景观格局与生境质量时空变化[J]. 生态学报,2020,40(6):1910–1922.
Wang G, Chang C, Han D X, et al. Temporal-spatial changes of landscape pattern and habitat quality in Laotieshan nature reserve[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(6):1910–1922.

[12] 张明莎,刘乾飞,王敬文,等. 1992—2018 年轿子山自然保护区人为活动遥感监测[J]. 生态与农村环境学报,2020,36(9):1097–1105.
Zhang M S, Liu Q F, Wang J W, et al. Monitoring human activities in Jiaozi Mountain nature reserve based on remote sensing during 1992—2018[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2020, 36(9):1097–1105.

[13] 何柏华,张晓勉,薛晓坡,等. 自然保护区人类活动遥感监测效果分析——以广西为例[J]. 安徽林业科技,2020,46(3):3–8.
He B H, Zhang X M, Xue X P, et al. Effect analysis on the remote sensing monitoring of human activities in nature reserves: A case study of Guangxi[J]. Anhui Forestry Science and Technology, 2020, 46(3):3–8.

[14] 张洪云,臧淑英,张玉红,等. 人类土地利用活动对自然保护区影响研究:以黑龙江省为例[J]. 环境科学与技术,2015,38(11):271–276.
Zhang H Y, Zang S Y, Zhang Y H, et al. Research on the impact of land use activities on nature reserves: Heilongjiang Province as a case[J]. Environmental Science and Technology, 2015, 38(11):271–276.

[15] 吴东辉,李玉龙,江东,等. 可可西里国家级自然保护区人类活动干扰状况遥感监测研究[J]. 甘肃科学学报,2015,27(4):37–44.
Wu D H, Li Y L, Jiang D, et al. Research of remote sensing monitoring on human activity impacts on Hoh Xil national nature reserve[J]. Journal of Gansu Sciences, 2015, 27(4):37–44.

[16] 宋拥军,吴静,王慧敏,等. 基于地理国情的自然保护区人类活动监测研究[J]. 地理空间信息,2020,18(10):5–10.
Song Y J, Wu J, Wang H M, et al. Research on human activities monitoring in nature reserves based on geographical conditions monitoring[J]. Geospatial Information, 2020, 18(10):5–10.

[17] 胡苏李扬,李辉,顾延生,等. 基于高分辨率遥感影像的神农

架大九湖湿地土地利用类型变化及其驱动力分析——来自长时间尺度多源遥感信息的约束[J]. 国土资源遥感, 2021, 33(1): 221 – 230. doi:10. 6046/gtzyyg. 2020100.

Hu S L Y, Li H, Gu Y S, et al. An analysis of land use changes and driving forces of Dajiuhu wetland in Shennongjia based on high resolution remote sensing images: Constraints from the multi – source and long – term remote sensing information[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2021, 33(1): 221 – 230. doi:10. 6046/gtzyyg. 2020100.

[18] 石冠红, 李培学, 哈登龙, 等. 鸡公山自然保护区森林生态系统服务功能价值评估[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(2): 652 – 654.

Shi G H, Li P X, Ha D L, et al. Evaluation of forest ecosystem services in Jigongshan national nature reserve[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(2): 652 – 654.

[19] 李冬林, 王宝松, 阮宏华, 等. 河南小秦岭自然保护区生态评价[J]. 安徽农业大学学报, 2007, 34(1): 97 – 102.

Li D L, Wang B S, Ruan H H, et al. Ecological evaluation of the forest ecosystems in Henan Xiaoqinling nature reserve[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2007, 34(1): 97 – 102.

[20] 徐文茜, 汤 茜, 丁圣彦. 河南新乡黄河湿地鸟类国家级自然保护区景观格局动态分析[J]. 湿地科学, 2016, 14(2): 235 – 241.

Xu W Q, Tang Q, Ding S Y. Landscape pattern dynamic of Xinxian Yellow River wetland bird national nature reserve, Henan Province[J]. Wetland Science, 2016, 14(2): 235 – 241.

[21] 王 娟, 王志红, 初 娜, 等. 基于 RS 和 GIS 的河南国家级自然保护区人类活动与地貌特征研究[J]. 矿产勘查, 2021, 12(7): 1670 – 1678.

Wang J, Wang Z H, Chu N, et al. Research on human activities and geomorphic characteristics of Henan national nature reserve based on RS and GIS[J]. Mineral Exploration, 2021, 12(7): 1670 – 1678.

Remote sensing monitoring and impact intensity assessment of human activities in Henan national nature reserves

WANG Juan, WANG Zhihong, ZHANG Jianguo, CHU Na, LI Si, YIN Zhan
(China Non – Ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012, China)

Abstract: This study aims to determine the impacts of human activities on the ecosystems of Henan national nature reserves in an objective, timely, and accurate manner, so that problems existent in management and protection can be identified and evaluated in time. Based on Chinese high – resolution remote sensing images from 2016 to 2018, this study extracted data on land cover types of national nature reserves in 2016 and human activities in 2016, 2017, and 2018. Then, the source, change type, distribution pattern, and temporal – spatial transformation of new human activities in the reserves were ascertained using the transition matrix. Furthermore, the changing characteristics of human activities in different types of reserves were analyzed. Finally, the impact degree and change patterns of human activities on the reserves were evaluated using the impact intensity index of human activities. The results are as follows. Human activities dominated by agricultural land and residential areas were widespread in Henan national nature reserves in 2016. They were mainly distributed in inland wetlands and paleontological relic reserves. From 2016 to 2018, new human activities were mainly distributed in inland wetland reserves, which were mainly transformed from agricultural land, forest land, grassland, and wetland. From 2016 to 2018, the human activities in the reserves had an impact intensity index range of 0. 045 ~ 4. 735. The impact degrees of human activities on reserves of forest ecological type, inland wetland type, wildlife type, and Paleozoic relic type were slight, significant, general, and severe, respectively. Therefore, the spatial distribution, types, intensity, and dynamic changes of human activities in the reserves can be accurately identified using the remote sensing technology and the impact intensity assessment model. This study can be used as an important guide for scientific assessment and improvement of the management of the reserves.

Keywords: human activities; remote sensing monitoring; impact intensity assessment; national nature reserve; Henan Province

(责任编辑: 李 瑜)