

基于RS与GIS的水土保持生态功能区生态状况评估

刘冰,张斌,廖俊杰,茹曼

(河南省航空物探遥感中心,河南 郑州 450053)

摘要:以河南省大别山水土保持国家重点生态功能区为研究区,基于RS与GIS获取2012年和2017年研究区植被覆盖、土地利用、土壤侵蚀等遥感解译数据,从生态功能、生态结构和生态压力3个方面,采用综合指数法,对研究区生态状况进行动态监测与评价。结果表明,2012—2017年间,研究区土地利用结构发生较明显的变化,林草地覆盖率上升9.85%,耕地和建设用地面积比上升13.23%,水域湿地面积比变化不大;植被覆盖指数上升62.74%,中度以上土壤侵蚀面积比略有增加;生态状况变化度 $\Delta F=4.95$,整体生态状况等级由良变为优,生态状况变化度评级为显著变好。

关键词:水土保持;生态功能区;生态状况评估;遥感;地理信息系统;大别山

中图分类号:X87;X826

文献标志码:B

文章编号:1006-2009(2022)03-0035-05

Ecological Status Evaluation of Ecological Function Area of Water and Soil Conservation Based on RS and GIS

LIU Bing, ZHANG Bin, LIAO Jun-jie, RU Man

(Henan Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center, Zhengzhou, Henan 450053, China)

Abstract: Taking Dabie Mountain national key ecological function area of Water and Soil Conservation in Henan Province as the study area, the remote sensing interpretation data of vegetation cover, land use and soil erosion in the study area in 2012 and 2017 were obtained based on RS and GIS. The ecological status of the study area was dynamically monitored and evaluated by using the comprehensive index method from the three aspects of ecological function, ecological structure and ecological pressure. The results showed that the land-use structure in the study area changed significantly from 2012 to 2017. The coverage of forest and grassland increased by 9.85%, the area ratio of cultivated land to construction land increased by 13.23%. The area ratio of water area to wetland changed little. The vegetation cover index increased by 62.74%. The area ratio of soil erosion above moderate increased slightly. The change degree of ecological status $\Delta F=4.95$, the overall ecological status grade changed from good to excellent, and the change degree of ecological status was rated as significantly better.

Key words: Water and soil conservation; Ecological function area; Ecological status evaluation; Remote sensing; Geographical information system; Dabie Mountain

重点生态功能区的生态系统十分重要,关系着全国或区域生态安全,遥感以其宏观性、实时性和综合性的特点,成为重点生态功能区生态环境监测的重要手段^[1-3]。当前,国内外针对区域生态环境评估的研究多侧重于生态环境质量和生态服务价值,国外评价的尺度多为大范围,如联合国开展的全球千年生态系统评估项目,Brazner等^[4]基于北美5大湖的生物数据开展了大尺度湿地生态系

统变化研究;国内评价的尺度包括县市级行政区域、同地貌区域等。2015年原环境保护部发布

收稿日期:2021-05-27;修订日期:2022-03-11

基金项目:中国地质调查局地质调查基金资助项目(DD20190269);河南省地质矿产勘查开发局地质科研基金资助项目(豫地矿科研〔2017〕14号,豫地矿科研〔2019〕13号)

作者简介:刘冰(1988—),女,河南洛阳人,工程师,硕士,研究方向为遥感地质、生态环境遥感。

《生态环境状况评价技术规范》(HJ 192—2015)^[5](以下简称《规范》),新增了生态功能区和自然保护区等专题生态环境评价方法,国内学者开始针对生态功能区开展相关研究,如徐洁等^[6]对2000年、2010年国家重点/非重点生态功能区生态环境质量的变化及其相互关系进行了动态分析;刘慧明等^[7]定量分析了25个国家重点生态功能区2010—2015年生态系统服务价值的时空分布变化特征。

2011年《全国主体功能区规划》划定了25个国家重点生态功能区,河南省新县和商城县所属的大别山水土保持国家重点生态功能区是淮河中游重要水源补给区,土壤侵蚀敏感性程度高,其自然资源和生态环境状况关系着周围地区社会经济和环境保护的协调发展^[8]。今在RS和GIS支持下,以河南省大别山水土保持国家重点生态功能区为研究区,依据《规范》获取该区2012年和2017年的植被覆盖、土地利用、土壤侵蚀等遥感解译数据,结合环境监测数据和统计资料构建生态状况评估指标体系,对该区生态状况进行动态监测与评价,为重点生态功能区生态保护和生态评估提供技术支持。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

依据《国家重点生态功能区 大别山水土保持生态功能区生态保护与建设规划(2013—2020年)》,大别山水土保持生态功能区位于河南、湖北、安徽3省交界处,行政区包括3省15县。今以河南省辖区内的新县、商城县两县全域为研究区,其位于河南省东南部,属信阳市管辖,地理位置在E114°30′~E115°38′,N31°23′~N32°06′范围内,总面积3 663.88 km²。研究区位于大别山中段北麓,境内地势南高北低,南部为中低山、低山地形,山脉走向大致沿省界呈近东西向延伸,为长江与淮河的分水岭;中部为丘陵地形;北部为平缓的河谷阶地及垄岗地形,属亚热带北部大陆性气候。北毗光山县,与潢川县、固始县相望,东靠安徽省,西北隅与罗山县相接,南、西南和东南部与湖北省为邻。宁西铁路、京九铁路、沪陕高速、大广高速过境而过,交通便利。

1.2 数据来源和处理

依据《规范》要求,今基于遥感解译数据和野

外核查,结合相关数据的统计和检索,通过指数计算对研究区进行生态状况指数评价^[5,9]。

(1) 遥感影像和数据解译。遥感影像包括2017年10月的GF-1、Landsat 8 OLI影像,2012年10月的SPOT 5、Landsat 5 TM影像,研究区DEM数据。对原始影像经几何校正、图像剪切和拼接等预处理过程获得研究区遥感数据。

先通过ENVI遥感图像处理软件,针对不同解译类型作初步解译,再结合野外调查数据和Google maps对解译结果进行人工修正,并通过混淆矩阵与Kappa指数方法对解译结果作评价与验证^[10]。

(2) 土地利用类型遥感解译。参考《国家重点生态功能区县域生态环境质量监测评价与考核指标体系实施细则》(环办[2014]96号),结合研究区土地利用实际情况及进一步研究的需要,将土地利用类型分为7类:水域、湿地、林地、草地、耕地、建设用地和其他。采用人机交互解译方法,在建立各类型解译标志基础上,辅以光谱特征、纹理、形状等分类特征分析,采用面向对象分类技术进行信息提取及野外核查修正解译^[11-12]。

(3) 植被覆盖度信息提取。在植被遥感中应用最广的是归一化植被指数(NDVI),文中通过计算NDVI来反演研究区的植被覆盖状况^[13-14]。

(4) 土壤侵蚀信息提取。依据《土壤侵蚀分类分级标准》(SL 190—2007),基于植被覆盖度、土地利用类型、地面坡度等因子,结合地貌、地质、土壤地表信息来综合解译^[15-19]。

1.3 研究方法

1.3.1 水土保持生态功能区生态功能评价指标体系

根据《规范》生态功能区的生态状况指标包括生态功能指数、生态结构指数和生态胁迫指数,反映了生态功能区的功能、结构和压力。针对研究区的生态状况评价,应充分考虑地域特征和水土保持生态功能区特点,研究影响水土保持生态功能区生态状况的具体因素,并遵循适宜性和综合性的元素对影响因素进行分析,遴选出关键因素作为评价指标因子,构建研究区生态状况评价指标体系,运用综合指数法,对研究区生态状况进行综合定性及定量评价^[20-22]。生态状况指标权重及类型见表1。

1.3.2 生态状况指数计算方法

表 1 水土保持生态功能区生态状况指标权重及类型

Table 1 Weight and type of ecological status index of ecological function area of water and soil conservation

| 一级指标 | 二级指标 | 权重 | 类型 |
|--------|-----------------------|------|----|
| 生态功能指数 | 植被覆盖指数 C_1 | 0.23 | 正 |
| | 受保护区面积比 C_2 | 0.13 | 正 |
| 生态结构指数 | 林草地覆盖率 C_3 | 0.23 | 正 |
| | 水域湿地面积比 C_4 | 0.18 | 正 |
| 生态胁迫指数 | 耕地和建设用地面积比 C_5 | 0.13 | 负 |
| | 中度及以上土壤侵蚀面积所占比例 C_6 | 0.10 | 负 |

$$F = 0.23 \times C_1 + 0.13 \times C_2 \times 100 + 0.23 \times C_3 + 0.18 \times C_4 + 0.13 \times (100 - C_5) + 0.10 \times (100 - C_6) \quad (1)$$

1.3.3 生态功能区生态状况评价分级标准

根据生态功能区生态状况指数 F 值将生态功能区的生态状况分为 5 级,即优、良、一般、较差和

差,见表 2。根据生态功能区生态状况指数与基准值的变化情况将生态功能区生态状况变化幅度分为 4 级,即无明显变化、略微变化、明显变化、显著变化,见表 3。

表 2 生态功能区生态状况分级

Table 2 Classification of ecological status of ecological function area

| 指数 | 级别 | 描述 |
|------------------|----|---------------------------------------|
| $F \geq 70$ | 优 | 自然生态优越,生态功能稳定 |
| $60 \leq F < 70$ | 良 | 自然生态相对较好,生态功能相对稳定 |
| $50 \leq F < 60$ | 一般 | 自然生态一般,生态功能相对较脆弱 |
| $40 \leq F < 50$ | 较差 | 自然生态差,生态功能脆弱; 或生态类型结构单一,生态功能不稳定 |
| $F < 40$ | 差 | 自然生态严酷,生态功能极脆弱; 或生态类型结构单一,生态功能极不稳定 |

表 3 生态功能区生态状况变化度分级

Table 3 Classification of ecological status change in ecological function area

| 变化值 | 级别 | 描述 |
|-------------------------|-------|---|
| $ \Delta F < 1$ | 无明显变化 | 生态状况无明显变化 |
| $1 \leq \Delta F < 2$ | 略微变化 | 若 $1 \leq \Delta F < 2$,则生态状况略微变好;若 $-2 < \Delta F \leq -1$,则生态状况略微变差 |
| $2 \leq \Delta F < 4$ | 明显变化 | 若 $2 \leq \Delta F < 4$,则生态状况明显变好;若 $-4 < \Delta F \leq -2$,则生态状况明显变差 |
| $ \Delta F \geq 4$ | 显著变化 | 若 $\Delta F \geq 4$,则生态状况显著变好;若 $\Delta F \leq -4$,则生态状况显著变差 |

2 结果与讨论

2.1 生态状况遥感解译分析

根据水土保持生态功能区遥感解译结果,利用统计学和 GIS 空间分析方法,分析 2012—2017 年间研究区土地利用、植被覆盖、土壤侵蚀等方面的面积分布及变化情况(见表 4),为下一步开展生态状况评估提供基础数据。

由表 4 可见,2012—2017 年间,研究区土地利用结构发生较明显的变化,耕地、林地、建设用地有所增加,草地、水域湿地变化不大;植被覆盖度均以中高度以上覆盖度为主,2017 年中高度以上覆盖度面积较 2012 年增加 513.46 km²;主要土壤侵蚀强度类型均为轻度侵蚀,5 年间轻度侵蚀面积比例由 31.91% 降为 9.95%。

土地利用类型、植被覆盖等级面积的变化直观反映了研究区生态修复、生态退耕、土地开发建设等人类工程经济活动的程度,同时土地利用、植被覆盖也是研究区土壤侵蚀变化的主要影响因素。耕地是土壤侵蚀的重点区域,尤其是坡耕地的增加容易引起局部的高强度土壤侵蚀,而植被覆盖度增

加,可促使无明显土壤侵蚀等级的面积呈上升趋势。

2.2 生态状况综合评估

依据水土保持生态功能区生态功能评价体系及方法对研究区生态状况进行综合评价,结果见表 5。由表 5 可见,2012—2017 年间研究区植被覆盖指数上升 62.74%,林草地覆盖率上升 9.85%,水域湿地面积比下降 1.24%,耕地和建设用地面积比上升 13.23%,中度以上土壤侵蚀面积比上升 1.42%;研究区生态状况指数 F 值明显增大,由 65.51 变成 70.46,整体生态状况等级由良变为优;生态状况变化度 $\Delta F = 4.95$,生态状况变化度评级为显著变好,生态状况由良变为优,从自然生态相对较好,生态功能相对稳定,发展为自然生态优越,生态功能稳定,生态状况明显变好。

从生态状况评价各指标变化情况来看,正指标普遍明显上升,并且生态功能指数和生态结构指数变化对研究区生态状况变化起主导作用,同时生态胁迫指数负指标中耕地和建设用地面积比有较明显的上升趋势。

表 4 2012 年和 2017 年研究区土地利用类型、植被覆盖等级、土壤侵蚀等级的面积及其占比

Table 4 Area and its proportion of land use type, vegetation cover grade and soil erosion grade in the study area in 2012 and 2017

| 类别/等级 | 2012 年 | | 2017 年 | | |
|--------|--------------------|----------|--------------------|----------|-------|
| | 面积 A/km^2 | 占比/% | 面积 A/km^2 | 占比/% | |
| 土地利用类型 | 耕地 | 774.38 | 21.14 | 846.59 | 23.11 |
| | 林地 | 1 905.65 | 52.01 | 2 128.20 | 58.09 |
| | 草地 | 211.62 | 5.78 | 197.48 | 5.39 |
| | 水域 | 184.98 | 5.05 | 183.39 | 5.00 |
| | 湿地 | 23.71 | 0.65 | 22.71 | 0.62 |
| | 建设用地 | 214.21 | 5.84 | 272.96 | 7.45 |
| | 其他 | 349.33 | 9.53 | 12.55 | 0.34 |
| 植被覆盖等级 | 高覆盖度 | 911.40 | 24.88 | 2 163.39 | 59.05 |
| | 中高覆盖度 | 1 739.67 | 47.48 | 1 001.14 | 27.32 |
| | 中覆盖度 | 857.41 | 23.40 | 381.70 | 10.42 |
| | 低覆盖度 | 103.71 | 2.83 | 92.78 | 2.53 |
| | 极低覆盖度 | 51.69 | 1.41 | 24.87 | 0.68 |
| 土壤侵蚀等级 | 微度(无明显) | 2 211.14 | 60.35 | 3 011.71 | 82.20 |
| | 轻度 | 1 169.14 | 31.91 | 364.55 | 9.95 |
| | 中度 | 244.75 | 6.68 | 122.01 | 3.33 |
| | 强度 | 38.10 | 1.04 | 145.46 | 3.97 |
| | 极强 | 0.73 | 0.02 | 19.78 | 0.54 |
| | 剧烈 | 0.02 | 0 | 0.37 | 0.01 |

表 5 研究区生态状况评价结果

Table 5 Evaluation results of ecological status in the study area

| 一级指标 | 二级指标 | 2012 年 | 2017 年 |
|------------|-----------------------|--------|--------|
| 生态功能指数 | 植被覆盖指数 C_1 | 31.00 | 50.45 |
| | 受保护区域面积比 C_2 | 1.00 | 1.00 |
| 生态结构指数 | 林草地覆盖率 C_3 | 60.43 | 66.38 |
| | 水域湿地面积比 C_4 | 80.79 | 79.79 |
| 生态胁迫指数 | 耕地和建设用地面积比 C_5 | 40.65 | 46.03 |
| | 中度及以上土壤侵蚀面积所占比例 C_6 | 7.74 | 7.85 |
| 生态状况指数 F | | 65.51 | 70.46 |

研究区生态功能指数有明显变化,2012—2017 年间二级指标植被覆盖指数上升 62.74%,表明生态功能区区域平均植被覆盖情况明显改善;研究区生态结构指数变化不大,2012—2017 年间二级指标林草地覆盖率有所变化,上升了 9.85%,水域湿地面积比变化幅度小,略有下降,表明生态功能区生态结构较稳定,发展状态良好;研究区生态胁迫指数有较明显的增加,2012—2017 年间二级指标耕地和建设用地面积比上升 13.23%,中度及以上土壤侵蚀面积比例略有增加,表明生态功能区由生产建设和经济发展带来的生态压力仍须引起重视。

3 结论

(1) 构建的生态状况评估指标体系包括 6 个

二级指标,任何一个指标的变化都会引起生态状况指数 F 值的变化。6 个指标中植被覆盖指数、耕地和建设用地面积比变化最大,分别上升 62.74%、13.23%,中度及以上土壤侵蚀面积比例略有增加,水域湿地面积比变化最小。

(2) 研究区的生态状况变化度 $\Delta F = 4.95$,生态状况等级由良变为优,表明生态呈现改善趋势。而生态胁迫指数的上升,同时也提醒生态功能区由生产建设和经济发展带来的生态压力依旧严峻。

(3) 构建的生态状况评估指标体系适用于不同级别的水土保持生态功能区生态状况现状评估。如何利用多源多时相遥感数据对研究区生态状况未来发展趋势进行预测与分析,为生态环境监测监管和决策规划提供技术支撑,将是下一步研究工作的改进方向。

[参考文献]

- [1] 侯鹏,翟俊,曹巍,等. 国家重点生态功能区生态状况变化与保护成效评估——以海南岛中部山区国家重点生态功能区为例[J]. 地理学报, 2018, 73(3): 429-441.
- [2] 刘峰. 基于遥感与 GIS 的区域生态环境综合评价研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2009.
- [3] 褚馨德,贾伟,张峻豪,等. 基于 RSEI 模型的祁连山自然保护区生态环境质量评价[J]. 环境监测管理与技术, 2022, 34(1): 38-42.
- [4] BRAZNER J C, DANZ N P, NIEMI G J, et al. Evaluation of geo-

- graphic, geomorphic and human influences on Great Lakes wetland indicators: A multi-assemblage approach [J]. *Ecological Indicators*, 2007, 7(3): 610–635.
- [5] 环境保护部. 生态环境状况评价技术规范: HJ 192—2015 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2015.
- [6] 徐洁, 谢高地, 肖玉, 等. 国家重点生态功能区生态环境质量变化动态分析[J]. *生态学报*, 2019, 39(9): 3039–3050.
- [7] 刘慧明, 高吉喜, 刘晓, 等. 国家重点生态功能区 2010—2015 年生态系统服务价值变化评估[J]. *生态学报*, 2020, 40(6): 1865–1876.
- [8] 史志刚. 大别山区水土保持工作探析[J]. *中国水利*, 2012(12): 31–32.
- [9] 赵忠明, 高连如, 陈东, 等. 卫星遥感及图像处理平台发展[J]. *中国图象图形学报*, 2019, 24(12): 2098–2110.
- [10] 刘恩勤, 周万村, 周介铭, 等. 基于光谱和纹理特征的 ALOS 影像土地利用信息提取[J]. *地理与地理信息科学*, 2012, 28(4): 51–54, 113.
- [11] 马骊驰, 王金亮, 刘广杰, 等. 基于改进型决策树遥感分类的土地利用变化研究[J]. *地理空间信息*, 2016, 14(7): 12–16.
- [12] 谢帅, 王哲. 基于面向对象分类技术的沈阳市土地利用动态变化研究[J]. *地质与资源*, 2015, 24(3): 255–260.
- [13] 胡玉福, 蒋双龙, 刘宇, 等. 基于RS的安宁河上游植被覆盖时空变化研究[J]. *农业机械学报*, 2014, 45(5): 205–215.
- [14] 田静, 阎雨, 陈圣波. 植被覆盖率的遥感研究进展[J]. *国土资源遥感*, 2004, 16(1): 1–5.
- [15] 黄传伟. 基于“3S”的小流域土壤侵蚀动态监测技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2007.
- [16] 李月臣, 刘春霞, 赵纯勇, 等. 三峡库区(重庆段)土壤侵蚀敏感性评价及其空间分异特征[J]. *生态学报*, 2009, 29(2): 788–796.
- [17] 鲁航. 龙川江流域土壤侵蚀遥感监测与动态变化分析[D]. 成都: 四川师范大学, 2016.
- [18] 余瞰, 柯长青. 遥感与GIS支持下的土壤侵蚀强度快速评价方法研究[J]. *国土资源遥感*, 2007, 19(3): 82–84.
- [19] 李亚平, 卢小平, 刘冰, 等. 基于地形坡度的大别山区商城县土壤侵蚀研究[J]. *环境监测管理与技术*, 2019, 31(6): 23–27.
- [20] YU F Q, LU C X, XIAO Y, et al. Ecosystem service value assessment for national key eco-function zones for water and soil conservation [J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2017, 8(4): 369–377.
- [21] 满卫东, 刘明月, 李晓燕, 等. 1990—2015年三江平原生态功能区生态功能状况评估[J]. *干旱区资源与环境*, 2018, 32(2): 136–141.
- [22] 张朋兴, 袁希平, 甘淑. 基于遥感生态指数的江川区生态环境变化分析[J]. *环境监测管理与技术*, 2018, 30(5): 25–29.

(上接第34页)

- [4] 程桂. 海绵城市水文水质过程模拟与关键技术研究[D]. 苏州: 苏州科技大学, 2017.
- [5] 杨程展智. 萍乡市城区河道水质模拟及其对海绵城市建设的响应[D]. 南昌: 南昌工程学院, 2019.
- [6] 黄润影. 基于SWMM和MODFLOW耦合的海绵城市水文效应研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2019.
- [7] 张明, 唐访良, 王立群, 等. 杭州夏季一次降雨过程雨水中全氟化合物及主要化学组分的变化特征[J]. *环境监测管理与技术*, 2020, 32(5): 38–42.
- [8] 刘煌, 曹琳, 聂煜东, 等. 典型山地城市初期雨水径流特征研究[J]. *环境监测管理与技术*, 2019, 31(5): 21–25.
- [9] 赵雪媛. “海绵城市”视角下北京中心城内涝区场地优化设计研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2016.
- [10] 舒安平, 田露, 王梦瑶, 等. 北京海绵城市雨水措施效益评估方法及案例分析[J]. *给水排水*, 2018, 44(3): 36–41.
- [11] 王强, 关芳, 崔硕, 等. 基于海绵城市理念的北京永定河文化新区雨水系统规划研究[J]. *北京水务*, 2015(5): 1–5.
- [12] 李其军, 潘兴瑶, 杨默远. 北京海绵城市建设中的关键问题探讨[J]. *北京水务*, 2020(3): 10–13.
- [13] 杨赫. 海绵城市透水铺装渗透性及雨洪入渗控制技术研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [14] 罗舒雯, 熊建华. 目标考核视角下的城市生态文明建设综合评价[J]. *环境监测管理与技术*, 2020, 32(3): 39–43.
- [15] 张兵, 宋献方, 张应华, 等. 第二松花江流域地表水与地下水相互关系[J]. *水科学进展*, 2014, 25(3): 336–347.
- [16] WANG L H, LI G M, DONG Y H, et al. Using hydrochemical and isotopic data to determine sources of recharge and groundwater evolution in an arid region: A case study in the upper-middle reaches of the Shule River Basin, northwestern China [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2015, 73(4): 1901–1915.
- [17] GUO X Y, FENG Q, LIU W, et al. Stable isotopic and geochemical identification of groundwater evolution and recharge sources in the arid Shule River Basin of northwestern China [J]. *Hydrological Processes*, 2015, 29(22): 4703–4718.
- [18] RAHOBISOA J J, RAJAABELISON J, SCHUTH C, et al. Use of isotopic signatures for the determination of natural recharge and chemical characterization of groundwaters: The case of Horombe plateau area, SW Madagascar [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2014, 71(10): 4497–4511.
- [19] RAUTIO A, KORKKA-NIEMI K. Chemical and isotopic tracers indicating groundwater/surface-water interaction within a boreal lake catchment in Finland [J]. *Hydrogeology Journal*, 2015, 23(4): 687–705.
- [20] 文广超, 王文科, 段磊, 等. 基于水化学和稳定同位素定量评价巴音河流域地表水与地下水转化关系[J]. *干旱区地理*, 2018, 41(4): 734–743.
- [21] 秦海旭, 段学军, 姚利鹏, 等. 基于“多规融合”的城市环境空间管控技术体系研究[J]. *环境监测管理与技术*, 2021, 33(1): 1–4.