

安徽省寿县生态状况变化(2010—2015年)遥感调查评估

王亮^{1,2,3}, 姚梦园^{4*}, 吴艳兰^{5,6}

(1. 中国地质大学(武汉), 武汉 430074; 2. 自然资源部地质信息技术重点实验室, 北京 100037; 3. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 4. 高分辨率对地观测系统安徽数据与应用中心, 合肥 230001; 5. 安徽大学资源与环境工程学院, 合肥 230601; 6. 安徽省地理信息智能技术工程研究中心, 合肥 230601)

摘要:寿县是淮河流域和安徽省生态环境重点保护县区, 对寿县定期进行生态环境调查可为流域生态保护管理与决策提供高效支撑与服务。融合多源遥感和生态环境数据, 对2010—2015年寿县生态系统格局与构成、生态系统质量进行调查分析, 综合评价区域生态状况。结果表明: (1) 寿县自然景观类型优势度提高。裸土面积向湿地和耕地转移; 林地、河流、湖泊和水库/坑塘等自然生态类型所占比例均有所提升。(2) 寿县生态系统格局异质性提高。景观整体的斑块密度、边缘密度提升, 平均斑块面积下降, 生态系统中异质斑块之间物质、能量、物种及其他信息交换的潜力及相互影响的强度增加。(3) 寿县林地、耕地和湿地的生物量显著提升, 生态状况向好的趋势发展。

关键词: 生态系统调查; 生态系统评估; 遥感; 寿县

中图分类号: TP79

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2019)05-0842-07

Ecosystem survey and assessment by remote sensing technology in Shou county, Anhui Province (2010-2015)

WANG Liang^{1,2,3}, YAO Mengyuan⁴, WU Yanlan^{5,6}

(1. China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan 430074; 2. Key Laboratory of Geological Information Technology, Ministry of Natural Resources, Beijing 100037; 3. Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037; 4. Anhui Data and Application Center for High-resolution Earth Observation System, Hefei 230001; 5. School of Resources and Environmental Engineering, Anhui University, Hefei 230601; 6. Engineering Research Center for Geographic Information Intelligent Technology of Anhui Province, Hefei 230601)

Abstract: Shou county is a key ecological environment protection county in Huai River Basin and Anhui Province. Regular ecological environment survey in Shou county can provide efficient support and service for watershed ecological protection management and decision-making. By integrating multi-source remote sensing and ecological environment data, the ecological system pattern, composition and quality of Shou county from 2010 to 2015 were investigated and analyzed, and the regional ecological status was comprehensively evaluated. The results indicated that: (1) The dominance of natural landscape type in Shou county has increased. The bare soil area has been transferred to wetlands and croplands, and the proportion of natural ecological types such as forests, rivers, lakes, reservoirs/pit-ponds has increased. (2) The heterogeneity of ecological pattern has improved. The patch density and edge density of landscape has increased, the average patch area has decreased, and the potential for the exchange of substances, energy, species and other information and the strength of interactions between heterogeneous patches in ecosystem has increased. (3) The biomass of forest, cropland and wetland has improved significantly in Shou county, and the ecological situation has developed towards a good trend.

Key words: ecosystem survey; ecosystem assessment; remote sensing; Shou county

淮河流域人口密度大、产业层次低下、面源污染严重, 生态环境极为脆弱。近年来, 受益于政府

产业结构升级和环境治理, 生态质量有所恢复。寿县是构建在大别山区与淮河流域之间的生态屏障,

收稿日期: 2018-11-19

基金项目: 国家自然科学基金(41271443)资助。

作者简介: 王亮, 工程师。E-mail: wangliang@mail.cgs.gov.cn

* 通信作者: 姚梦园, 工程师。E-mail: ymy0396@126.com

景观类型丰富, 是安徽省生态保护重点区域。以寿县为例, 定期研究调查区域生态系统格局、生态系统质量、生态环境问题及其变化趋势, 可有效反映安徽省淮河流域生态变化特点, 是制定新时期淮河流域生态环境保护政策和生态文明建设的科学依据^[1]。

针对区域生态环境遥感调查与评估, 国内外已开展了系列相关工作。在全球尺度上, 科学技术部对全球生态环境进行了一系列的遥感监测与科学分析, 已连续 7 次发布年度报告^[2]。在国家尺度上, 环保部与中国科学院联合开展了全国生态环境十年变化(2000 年—2010 年) 遥感调查与评估项目, 构建了植被指数、植被覆盖度、叶面积指数、地表温度、蒸散、净初级生产力和地上生物量等地表参量遥感反演与验证模型等^[3], 全面掌握全国生态环境基础信息, 阐述和评估了十年来全国生态系统格局、质量、服务功能等生态环境状况及其变化。在区域尺度上, 针对省域、市域、县域、自然保护区、重点生态功能区、典型重点开发区、重点流域等典型区域已形成生态系统格局、生态系统质量、生态系统功能、生态环境胁迫、生态环境问题的定期调查评估分析^[4]。

以遥感数据为基底, 提取关键信息, 构建定量模型是生态环境遥感调查与评估的基本方法。廖克等^[5]、王静等^[6]和李爱军等^[7]就区域生态环境动态监测、管理系统设计、生态环境评价指标等方面开展相关研究; 徐涵秋等^[8-10]针对区域环境生态质量评价和不同地物特征差异, 深度挖掘遥感信息, 耦合多种指标因素构建遥感生态评价指数, 在各类生态监测评价中得到了广泛应用; 张添佑等^[11]耦合与盐渍化信息相关的遥感指数得到遥感生态指数(SSEI, Soil Salinization Ecology Index), 实现了对典型土壤盐渍化影响区域的生态环境监测; 杨清可等^[12], Shao 等^[13]结合地域经济发展、生态功能区特征, 构建适宜当地生态环境效应分析和生态环境脆弱性评价的指标体系, 有效地反映了区域生态状况。

随着对地观测技术的快速发展, 遥感数据从分辨率低、幅宽小、观测周期长的大尺度监测向高空空间分辨率、高时间分辨率、高光谱分辨率和高辐射分辨率的全方位综合对地观测转变^[14], 可及时、准确、直观地监测各尺度水体、大气、土壤、地表生态因子等多种生态环境要素, 在区域生态环境监测与评估、应急管理方面具有突出且不可替代的优势^[15-17]。遥感影像波段信息的丰富、图像质量逐步提升以及地面监测数据的多样化, 促进了区域生态

状况评价的相关研究从构建通用定量模型逐渐向耦合多参数构建地域适应的综合定量模型转变。以多源遥感数据为数据源, 针对研究区域特点提取地表生态信息指标, 耦合多参数构建定量评价模型, 成为科学、快速地评价生态环境质量的科学方法^[18-19]。

鉴于此, 本研究采用多源遥感数据, 系统获取典型区域 5 年动态变化信息, 提取寿县生态系统分布、格局、质量等重要生态要素, 并耦合植被生物量、植被覆盖度等参数构建评价模型, 定量评估寿县 2010—2015 年生态状况变化情况, 为新时期淮河流域生态环境保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

寿县地处淮河流域中游南岸, 主体功能区类型为农产品主产区, 属于限制开发区域, 是淮河流域生态环境治理与保护的重点区域。国土面积 2 986 km², 耕地 178 万亩, 人口达 137 万。寿县是重要的水土涵养地区, 以淮河、淝河、瓦埠湖、安丰塘为主要水域连通的水系四通八达。寿县林地面积较少, 主要分布在东北部边缘的八公山地区, 县域内无大型矿产、工程等, 人工表面以居民地和交通用地为主。寿县区位如图 1。

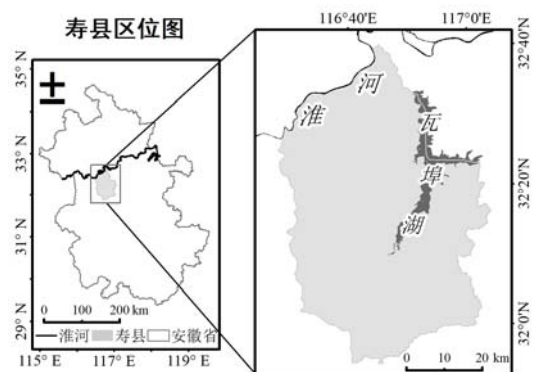


图 1 研究区地理位置示意图
Figure 1 The location of study area

1.2 数据处理与研究方法

1.2.1 多源数据整合 为准确提取生态类型信息, 经过比较各时相影像区分寿县生态地物类型特征的效果和卫星数据覆盖情况, 确定选取 2010 年 8 月—10 月的 Landsat TM (空间分辨率 30 m)、2015 年 8 月—10 月的 Landsat OLI (融合影像分辨率为 15 m) 遥感数据。Landsat TM、Landsat OLI 数据具备在最佳时相覆盖寿县全境的优点, 利用 GF-2 (融合影像分辨率为 1 m)、GF-1PMS (融合影像分辨率为 2 m)、ZY1-02C (融合影像分辨率为 5 m) 等高

分辨率遥感影像进行解译精度评价和修正。所有遥感影像均以 Landsat OLI 为控制影像做几何精纠正, 并采用 WGS84 坐标系、Albers Conical Equal Area 投影为标准坐标系和标准投影类型, 纠正后影像景内空间坐标误差 x 坐标和 y 坐标均小于 15 m, 景与景之间接边小于 30 m。

植被覆盖度、地上生物量等生态系统质量分析数据采用全国生态状况变化(2010—2015年)调查评估项目下发数据。植被地上生物量数据包括森林(含灌木)、农田与草地的地上生物量, 其他生态类型如人工表面等不包括在内的为无效值, 其中森林为当年的地上生物量, 草地为 8 月上旬的地上植被鲜重, 农田为 8 月的农作物鲜重。

寿县的人口、经济总量、水土流失治理、能源消耗等数据采用安徽省统计年鉴、寿县国民经济和社会发展统计公报等统计资料。

1.2.2 土地利用信息提取 寿县生态环境监测与评价中土地利用覆盖信息提取采用基于人工智能的综合解译技术, 以专家判读为主, 运用 GIS 空间分析功能进行多影像对比分析, 综合运用直接判读法、对比分析法、信息复合法和综合推理法等判读方法。

根据土地自然生态和利用的双重属性, 按土地的性质、特点及利用方式, 将寿县土地利用分为林地、耕地、湖泊、水库/坑塘、河流、建设用地、交通用地和裸土等 8 种类型。根据 2 期影像分辨率为 15 m、30 m 的差异特点, 为保证影像解译的精确度和 2 期解译结果对比的客观性, 确定判读提取目标

面状地物的最小单元为 90 m × 90 m, 线性地物为 60 m × 120 m。由于影像分辨率无法判读灌溉水渠、道路等细小地物, 将全国生态状况变化(2010—2015年)调查评估项目下发的灌溉水渠、道路等细小地物数据替换到解译结果中。

在寿县范围内随机选择 500 个验证点, 采用高分辨率影像对比方法对分类结果进行整体精度评价。评价结果显示, 2010 年遥感影像分类总体精度达到 94.60%, Kappa 系数为 0.95; 2015 年遥感影像分类总体精度达到 94.40%, Kappa 系数为 0.94。遥感影像解译结果能够满足生态环境状况遥感调查与评估的要求。

1.2.3 生态系统质量指数 生态系统质量指数是基于像元的生态系统生物量与该生态系统类型最大生物量的比值, 可反映草地、森林、湿地等自然地物类型的生态系统质量。根据相关生态系统环境指数的计算方法, 结合寿县生态系统类型特点及专家意见, 将生态系统质量分为优、良、中、差和劣 5 级, 评价分级标准如表 1^[19-20]。生态系统质量指数计算公式如下:

$$EQ_j = \frac{\sum_{i=1}^n RBD_{ij} \times S_p}{S_j} \quad (1)$$

式(1)中: EQ_j 代表 j 类生态系统的质量指数; i 代表像元数量; RBD_{ij} 代表 j 类生态系统 i 像元的相对生物量密度; S_p 代表每个像元的面积; S_j 代表区域内 j 类生态系统的总面积, 具体评价标准如表 1。

表 1 生态系统质量分级标准

Table 1 Quality classification standards of ecosystem

等级 Grade	优 Excellent	良 Good	中 Average	差 Poor	劣 Inferior
得分 Score	(0.85, 1]	(0.7, 0.85]	(0.5, 0.7]	(0.25, 0.7]	[0, 0.25]

表 2 区域生态环境综合评价分级标准

Table 2 Classification standards of comprehensive assessment of regional ecological environment

等级 Grade	优 Excellent	良 Good	中 Average	差 Poor	劣 Inferior
得分 Score	(0.4, 1]	(0.3, 0.4]	(0.2, 0.3]	(0.1, 0.2]	[0, 0.1]

1.2.4 区域生态环境质量综合评价 根据相关生态环境质量评价等级的划分方法, 结合寿县地理特点、生态环境质量计算分支及专家意见, 将区域生态环境质量分为优、良、中、差和劣 5 级, 评价分级标准如表 2^[19-20]。根据寿县自然地理和现有数据情况, 结合相关评价方法和专家意见, 将反映区域综合生物质量的生物量密度因子、反映区域植被质量的植被覆盖度因子和反映区域生态系统格局的地物类型作为评价因子对寿县生态环境质量进行综合评价, 计算公式如下:

$$EQ = A \times 0.5 + B \times 0.3 + C(i) \times 0.2 \quad (2)$$

式(2)中: EQ 代表区域生态环境评价综合得分; A 代表生物量密度; B 代表植被覆盖度; $C(i)$ 为地物类型得分, i 为地物类型, 当 i 为林地、水域、耕地、建设用地、交通用地、裸地时, $C(i)$ 分别对应为 0.8、0.8、0.3、0.2、0.2、0。

2 结果与分析

基于遥感解译结果计算 2010 年、2015 年研究区域的景观指数, 并分析区域生态系统格局及变化

情况。基于植被生物量、植被覆盖度等因子计算分析研究区域的生态系统质量及变化情况。并结合统计分析数据分析生态状况变化的原因。

2.1 生态系统格局分析

2.1.1 寿县生态系统结构 以 2010 和 2015 年寿县土地利用数据为基础, 建立土地利用转移矩阵, 对寿县 5 年来生态系统类型的变化做全面而又具体的

分析, 如表 3、表 4。耕地是寿县的景观基质, 所占比例在 2010 和 2015 年均超过 70%; 河流作为生态系统的主要廊道, 面积占比达到 1.52%, 河流、湖泊、水库坑塘等湿地面积所占比例超过 8%; 建设用地占比超过 11%; 交通用地、林地、裸土 3 类景观面积所占比例低于 2%。

表 3 寿县生态系统类型变化
Table 3 Changs of ecosystem types in Shou county

类型 Type	2010		2015		变化率/% Rate
	面积/hm ² Area	比例/% Percent	面积/hm ² Area	比例/% Percent	
林地 Forest	2 585.5	0.87	2 639.4	0.89	2.08
耕地 Cropland	230 896.1	77.93	221 618.3	74.80	-4.02
水库/坑塘 Reservoir/Pit-pond	4 237.5	1.43	4 762.9	1.61	12.40
河流 River	4 501.5	1.52	4 911.0	1.66	9.10
湖泊 Lake	15 659.0	5.29	16 072.8	5.42	2.64
建设用地 Construction Land	32 798.0	11.07	35 165.3	11.87	7.22
交通用地 Traffic Land	4 970.6	1.68	11 111.9	3.75	123.55
裸土 Bare Soil	641.4	0.22	8.0	0.00	-98.75

表 4 2010、2015 年寿县土地转移矩阵
Table 4 Transition matrix of land in Shou county from 2010 to 2015

类型 Type	hm ²								总计 Total
	林地 Forest	耕地 Cropland	水库/坑塘 Reservoir/ Pit-pond	河流 River	湖泊 Lake	建设用地 Construction Land	交通用地 Traffic Land	裸土 Bare Soil	
林地 Forest	2 545.13	24.84		53.97		0.88	2.72	11.81	2 639.35
耕地 Cropland	3.46	219 536.85	188.30	1 097.99	430.56	202.59	56.34	102.25	221 618.35
水库/坑塘 Reservoir/Pit-pond	4.60	852.25	3 738.16	40.19	123.31	3.36	1.04	0.03	4 762.93
河流 River	19.60	1 026.74	287.57	3 057.33		9.95	1.43	508.37	4 910.99
湖泊 Lake		988.43	0.13	0.00	15 080.35	3.77	0.11		16 072.79
建设用地 Construction Land	2.23	2 542.44	3.98	98.18	14.16	32 445.12	50.02	9.19	35 165.32
交通用地 Traffic Land	10.45	5 924.61	19.33	153.83	10.63	132.31	4 858.99	1.71	11 111.87
裸土 Bare Soil								8.00	8.00
总计 Total	2 585.47	230 896.15	4 237.47	4 501.48	15 659.00	32 797.99	4 970.65	641.37	296 289.59

5 年间, 各用地类型有不同程度的变化。裸土面积减少 641.37 hm², 接近消失, 是面积减少最多的地类, 其中有 102.25 hm² 转为耕地、508.4 hm² 转为湿地。裸土面积的减少与政府实施的湖泊、河口、岸线滩涂水土流失治理密切相关, 水土流失治理面积如表 5。交通用地增长达到 123.55%, 表明寿县的交通水平有明显提升。林地、河流、湖泊、水库/坑塘等自然生态类型所占比例均有所提升。林地面积增长 2.08%, 表明寿县 5 年来植被恢复、植被建设成效显著; 耕地面积减少 4.02%, 主要向交

通用地、湿地转移, 表明交通设施建设占用了大量耕地, 而湖滨耕地逐步转为湿地。湿地面积增长 1 349 hm², 主要来自耕地, 淮河中游最大天然湖泊瓦埠湖的水面面积增长达到 421.57 hm², 这与当地政府实施的瓦埠湖湖滨带生态修复工程相关, 湖滨带的人为侵占设施的清除, 增加了瓦埠湖的调蓄能力, 使湖滨带生态系统恢复为正常的良性循环状态。

2.1.2 寿县生态系统格局变化情况 在进行生态格局分析中, 采取遥感影像解译的土地利用信息数据, 2 期影像解译判读的最小单元相同, 消除了细小斑

块差异对生态景观格局分析的影像。

寿县景观层次生态格局指数如表 6。景观整体的斑块密度、边缘密度提升, 平均斑块面积下降。表明景观类型的异质性增强, 反映景观中异质斑块

之间物质、能量、物种及其他信息交换的潜力和相互影响的强度增加, 寿县生态系统格局逐渐向好的趋势发展。

表 5 寿县水土流失治理面积

Table 5 Area of soil erosion control in Shou county

年份 Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015
水土流失治理面积/hm ² Area of soil erosion control	0	0	0	4 480	4 680	6 010

表 6 寿县景观层次生态格局指数

Table 6 Landscape pattern indices at landscape level in Shou county

年份 Year	斑块密度 (numbers/100 hm ²) PD	边界密度/m·hm ⁻² ED	平均斑块面积/hm ² MPA
2010	3.48	39.42	28.74
2015	3.55	46.97	28.19

表 7 寿县景观类型层次生态格局指数

Table 7 Landscape pattern indices at landscape class level in Shou county

类型 Type	斑块密度 (numbers/100 hm ²) PD		边界密度 (m/hm ²) ED		平均斑块面积 (hm ²) MPA	
	2010	2015	2010	2015	2010	2015
林地 Forest	0.042	0.036	0.703	0.719	20.998	24.668
交用地 Traffic Land	0.623	0.603	6.788	13.878	2.673	6.192
耕地 Cropland	0.104	0.194	34.816	41.193	747.473	384.934
建设用地 Construction Land	0.074	2.204	3.015	29.794	20.638	5.380
河流 River	2.204	0.067	28.422	2.913	5.017	24.868
水库/坑塘 Reservoir/ Pit-pond	0.415	0.442	3.781	4.343	3.446	3.635
裸土 Bare Soil	0.017	0.001	0.268	0.010	13.146	1.958
湖泊 Lake	0.001	0.001	1.038	1.101	3 915.360	4 019.085

表 8 寿县地上生物量及生态质量指数

Table 8 Aboveground biomass and ecological quality index in Shou county

类型 Type	地上生物量/kg Aboveground biomass		生态质量指数 EQ	
	2010	2015	2010	2015
林地 Forest	3.86E+07	6.64E+07	0.69	0.71
耕地 Cropland	2.82E+09	3.08E+09	0.15	0.11
湿地 Wetland	6.08E+07	8.65E+07	0.06	0.06
整体 Total	2.92E+12	3.23E+09	0.14	0.21

表 9 寿县地上生物量变化

Table 9 Changes of aboveground biomass in Shou county

地上生物量变化 The changes of aboveground biomass	变化面积/hm ² Area	比例/% Percent
增长 Increase	2.12E+05	71.74
持平 Fair	2.95E+04	9.95
降低 Reduce	5.42E+04	18.31

寿县景观类型层次生态格局指数如表 7。林地斑块密度减少, 边界密度增加, 斑块面积增大, 表明林地斑块规模扩大的同时异质性增强。耕地异质性增强, 破碎性增加。河流斑块密度明显降低、平均斑块面积增加, 稳定性增强; 水库/坑塘、湖泊的

斑块密度、边缘密度、平均斑块面积均有所提升, 稳定性、异质性增强, 表明寿县退耕还湖工程、河湖陡涧综合治理工程的实施取得成效。建设用地的斑块密度和边界密度最高, 表明寿县人口和经济建设的分散性较强, 城市化水平较低, 农村居民点较为分散, 需加强基础设施建设, 控制居民的数量, 提高城镇化率。

2.2 生态系统质量分析

2.2.1 植被生物量分析 对寿县的地上生物量数据进行统计, 计算各生态系统质量指数, 结果表明 2010 年和 2015 年的生物量分别达到 2.92E+12 kg、3.23E+09 kg, 生态系统质量指数分别为 0.14、0.21,

71.74%的国土地上生物量有所增长, 18.31%的国土地上生物量有所降低, 如表 8、表 9。寿县 5 年来的整体生物量有一定提升, 生态状况向好的趋势发展。林地生态系统在 2015 年的地上生物量和生态质量指数均优于 2010 年。耕地生态系统的地上生物量在 2015 年高于 2010 年, 但生态质量指数低于 2010 年。湿地生态系统地上生物量在 2015 年高于 2010 年, 生态质量指数与 2010 年持平。寿县除林地生态系统质量指数处于中、良水平外, 其他生态系统均处于劣等水平, 表明寿县生态系统质量虽有提升, 但生态系统质量水平普遍较低。从寿县各区域比较来看, 2010 年既有的中心城镇区域植被生物量未发生变化, 但中心城镇周边存在植被生物量降低的现象,

表明寿县的城镇化扩张发展和工业园区建设对植被造成了一定影响。

2.2.2 植被覆盖度分析 植被覆盖度是评估生态环境的一个重要参数, 统计分析 2011—2015 年各月份植被覆盖度数据和植被覆盖度增减情况, 如表 10、表 11。分析结果显示, 5 年来寿县植被覆盖度增长趋势明显, 2015 年平均植被覆盖度比 2010 年提升 6.86%。根据各年份植被覆盖度标准差显示, 寿县植被覆盖度的月度差异较大, 但这种差异有减小的趋势, 有利于寿县各季节的生态质量保障。对 2015 年与 2010 年寿县植被覆盖度进行比较, 有超过 75% 的国土植被覆盖度提升, 但存在 19.9% 的国土植被覆盖度降低。

表 10 寿县植被覆盖度分析

Table 10 Analysis of vegetation coverage in Shou county

年份 Year	最小值 Minimum value	最大值 Maximum value	平均值 Average value	标准差 Standard deviation
2011	23.28	93.66	59.58	19.57
2012	41.16	90.85	63.65	16.89
2013	40.56	88.30	64.97	15.73
2014	31.44	91.24	64.63	19.17
2015	37.06	88.58	63.67	17.04

表 11 寿县植被覆盖度变化

Table 11 Changes of vegetation coverage in Shou county

植被覆盖度变化 Changes of vegetation coverage	变化面积/hm ² Area	比例/% Percent
增长 Increase	2.23E+05	75.35
持平 Fair	1.41E+04	4.75
降低 Reduce	5.90E+04	19.90

对寿县各区域植被覆盖度的变化情况进行对比发现安丰塘东岸、瓦埠湖沿岸、淝河沿岸、八公山地区、城郊地区的植被覆盖度提升较多, 表明寿县的森林、湿地和城区的生态恢复效果明显。靠近合肥新桥机场的寿县东南部有较大面积区域的植被覆盖度降低, 应注意生态退化的风险。

2.3 生态状况综合评价

综合寿县 2015 年的植被生物量、植被覆盖度和地物类型数据进行综合分析, 根据生态环境评价综合得分确定质量等级, 如表 12。寿县生态环境质量评价等级为优的面积达 15 037.5 hm², 占比 5.110%, 主要分布在东北部的八公山地区和湖滨、河滨地区, 表明山区和滨水区域绿化度高, 人为破坏较小。等级为良的达 233 769 hm², 占比 79.446%, 主要为耕地和水域, 这与耕地面积占县域的大多数相一致。等级为中的达 41 856.2 hm², 占比 14.225%, 等级为差的占比 1.217%, 主要分布在县城和中心乡镇。等级为劣的仅占 0.002%, 表明寿县不存在严重的生态破坏区域。

表 12 寿县生态环境综合评价等级及面积

Table 12 Comprehensive assessment grade and area of ecological environment in Shou county

等级 Grade	优 Excellent	良 Good	中 Average	差 Poor	劣 Inferior
面积/hm ² Area	15 037.5	233 769	41 856.2	3 581.25	6.25
比例/% Percent	5.110	79.446	14.225	1.217	0.002

由于缺少 2010 年植被覆盖度数据, 未进行 2010 年与 2015 年生态系统质量综合评价对比。但 2015 年的植被地上生物量和自然景观优势度均优于 2010 年, 植被覆盖度优于 2011 年, 反映 2015 年相比较 2010 年的生态系统质量有所提升。

寿县生态系统质量提升的同时, 经济发展水平明显增长、经济结构显著优化, 如表 13。5 年间, 寿县 GDP 提升 22.1%, 第一产业比例下降 4.3%, 第二产业比例下降 8.1%, 第三产业比例提升 12.3%。在能源消费方面, 寿县 2015 年全年能源消费总量达

到 67.75 万吨标准煤,比 2014 年减少 7.35 万吨标准煤,单位 GDP 能耗下降 4.11%,表明寿县的能源消耗强度降低,有效的减少了主要污染物排放。生态系统质量提升的同时,寿县的经济结构得到优化、能源消耗有所降低、GDP 增幅明显,表明寿县生态优先和绿色发展具有较好的协同性。

表 13 寿县 GDP 统计

Table 13 GDP statistics of Shou county

年份 Year	2010	2015
GDP/亿元	106.93	130.57
一产/亿元	39.27	42.32
一产比重/%	36.7	32.4
二产/亿元	38.07	35.97
二产比重/%	35.6	27.5
三产/亿元	29.59	52.29
三产比重/%	27.7	40.0
人均 GDP/元	7 820	9 403

3 讨论与结论

研究整合多源遥感数据、植被生物量和覆盖度数据,准确提取寿县生态系统分布、格局、质量等重要生态要素,耦合多参数生态因子构建寿县生态状况评价模型,对寿县 2010—2015 年的生态状况变化情况进行有效评估,准确掌握了 5 年生态状况变化情况:

寿县的林地、水域等自然景观优势度、稳定性、异质性明显提升,八公山、湖滨地区生态质量具有明显优势,退耕还湖、退耕还河等生态治理工程减少了裸土面积,有效提升了湿地生态质量,为区域物质、能量、物种交换,生物多样性提高提供了生态基础。寿县经济社会发展和产业结构优化的同时,生态质量明显提升,但整体生态质量不高、经济分散性较强、东南部工业园区存在生态退化风险,需坚持生态优先、推进绿色发展的理念,加大生态治理投入、稳步推进城镇化水平。

区域生态状况评价是由多因素综合决定的,除本研究选择的生态系统格局、生物量、植被覆盖度、人口、水土流失治理、能源消耗等因素外,气候、土壤、水环境、大气环境等也是影响生态质量的决定性因素,限于目前的数据获取难度,未对上述因素进行考虑。随着 GF-5 遥感卫星的投入可实现对区域大气、水质、土壤进行综合观测,不断挖掘更多遥感影像丰富的信息,结合气象、水文、水质等监测数据,耦合更多生态指标,综合反映区域生态状况是区域遥感监测发展的重要方向。

参考文献:

- [1] 欧阳志云,王桥,郑华,等. 全国生态环境十年变化(2000—2010 年)遥感调查评估[J]. 中国科学院院刊, 2014, 29(4): 462-466.
- [2] 牛铮,李加洪,高志海,等.《全球生态环境遥感监测年度报告》进展与展望[J]. 遥感学报, 2018, 22(4): 672-685.
- [3] 柳钦火,吴俊君,李丽,等. “一带一路”区域可持续发展生态环境遥感监测[J]. 遥感学报, 2018, 22(4): 686-708.
- [4] 张建亮,钱者东,徐网谷,等. 国家级自然保护区生态系统格局十年变化(2000-2010 年)评估[J]. 生态学报, 2017, 37(23): 8067-8076.
- [5] 廖克,郑达贤,陈文惠,等. 福建省生态环境动态监测与管理信息系统的设计[J]. 地球信息科学, 2003, 5(1): 22-27.
- [6] 王静,郭旭东,何挺. 区域资源与生态环境综合监测及评价指标体系初探[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(6): 574-578.
- [7] 李爱军,朱翔,赵碧云,等. 生态环境动态监测与评价指标体系探讨[J]. 中国环境监测, 2004, 20(4): 35-38.
- [8] 徐涵秋. 城市遥感生态指数的创建及其应用[J]. 生态学报, 2013, 33(24): 7853-7862.
- [9] 徐涵秋. 区域生态环境变化的遥感评价指数[J]. 中国环境科学, 2013, 33(5): 889-897.
- [10] 徐涵秋,施婷婷,王美雅,等. 雄安新区地表覆盖变化及其新区规划的生态响应预测[J]. 生态学报, 2017, 37(19): 6289-6301.
- [11] 张添佑,王玲,王辉,等. 玛纳斯河流域盐渍化灌区生态环境遥感监测研究[J]. 生态学报, 2017, 37(9): 3009-3018.
- [12] 杨清可,段学军,王磊,等. 基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应: 以长江三角洲核心区为例[J]. 地理科学, 2018, 38(1): 97-106.
- [13] SHAO H Y, LIU M, SHAO Q F, et al. Research on eco-environmental vulnerability evaluation of the Anning river basin in the upper reaches of the Yangtze River[J]. Environ Earth Sci 2014, 72(5): 1555-1568.
- [14] 张兵. 当代遥感科技发展的现状与未来展望[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(7): 774-784.
- [15] 徐冠华,柳钦火,陈良富,等. 遥感与中国可持续发展: 机遇和挑战[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 679-688.
- [16] 刘盼,任春颖,王宗明,等. 南瓮河自然保护区生态环境质量遥感评价[J]. 应用生态学报, 2018, 29(10): 3347-3356.
- [17] 欧阳志云,张路,吴炳方,等. 基于遥感技术的全国生态系统分类体系[J]. 生态学报, 2015, 35(2): 219-226.
- [18] STAVRAKOU T, MÜLLER J F, PEETERS J, et al. Satellite evidence for a large source of formic acid from boreal and tropical forests[J]. Nature Geosci, 2012, 5(1): 26-30.
- [19] 凡宸,夏北成,秦建桥. 基于 RS 和 GIS 的县域生态环境质量综合评价模型: 以惠东县为例[J]. 生态学杂志, 2013, 32(3): 719-725.
- [20] 中华人民共和国环境保护部. 生态环境状况评价技术规范(试行): HJ/T192-2006[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.