引文格式：徐佳乐,雷文凯,杨兴川,等. 江淮分水岭地区典型森林公园生态敏感性评价[J]. 地理空间信息, 2025, 23(10):90-93. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.10.019

江淮分水岭地区典型森林公园生态敏感性评价

徐佳乐[1]，雷文凯[1]，杨兴川[1]，赵文吉[1*]，赵明伟[2]
（1. 首都师范大学资源环境与旅游学院，北京 100048；2. 滁州学院地理信息与旅游学院，安徽 滁州 239000）

摘　要：生态敏感性可以衡量某一地区生态脆弱性的程度。以皇甫山国家森林公园为研究区，利用遥感影像数据和DEM数据，结合区域特点，选定高程、坡度、坡向、水系缓冲区、植被指数、水体指数及植被覆盖度共7个敏感因子，建立评价体系，进行敏感性分析。研究表明：①植被覆盖度、植被指数和水体指数为影响其生态敏感性的高度敏感因子，而高程、坡度、坡向为弱度敏感因子，水系缓冲区为中度敏感因子。②皇甫山国家森林公园的生态敏感性以中、低敏感为主，中敏感区面积为6.85 km^2，占比28.84%；低敏感区面积为7.11 km^2，占比29.93%。③高敏感和极敏感主要发生在研究区内的水体区域，并呈现沿河流分布的特征，具有明显的水体指向性。

关键词：生态敏感性；地理信息系统；森林公园；层次分析法；江淮分水岭
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）10-0090-04

Ecological Sensitivity Evaluation of Typical Forest Parks in the Jianghuai Watershed Area

XU Jiale[1], LEI Wenkai[1], YANG Xingchuan[1], ZHAO Wenji[1], ZHAO Mingwei[2]
(1. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China;
2. College of Geographic Information and Tourism, Chuzhou University, Chuzhou 239000, China)

Abstract: Ecological sensitivity can measure the ecological vulnerability of an area. Taking Huangfu Mountain National Forest Park as the research area, combined with regional characteristics, we selected seven sensitive factors including elevation, slope, slope direction, water buffer zone, vegetation index, water body index and vegetation coverage by remote sensing image data and DEM data, and established an evaluation system to conduct sensitivity analysis. The results show that ①vegetation coverage, vegetation index and water body index are highly sensitive factors affecting ecological sensitivity, while elevation, slope and slope direction are weak sensitive factors, and water buffer zone are moderate sensitive factors. ②The ecological sensitivity of Huangfu Mountain National Forest Park is mainly medium and low sensitivity. The area of medium sensitive area is 6.85 km², accounting for 28.84%, and the area of low sensitive area is 7.11 km², accounting for 29.93%. ③High sensitivity and extreme sensitivity mainly occur in the water body area of study area, and show the characteristics of distribution along the river, with obvious water direction.

Key words: ecological sensitivity, GIS, forest park, analytic hierarchy process, Jianghuai watershed

生态问题一直是国内外学者研究的热点问题。国外关于生态方面的科研开始较早[1-3]，在国内，关于生态敏感性的研究也日益增加，涵盖了广泛的地域，包括湿地[4-5]、森林公园[6]、生态旅游区[7]等。在城市尺度方面，倪梦静[8]等，选取高程、坡向、坡度等6个指标作为评价因子，对宁德市进行生态敏感性分析，并据此提出生态保护建议[9]。此外，由于对生态敏感性方面的研究不断深入，研究中评价因子的选取以及因子权重的确定也越来越具科学性和针对性[10-11]。总结前人已有研究可知，对生态敏感性的分析大多是以大尺度的区域为研究区，得出宏观层面的分析结果，缺乏具体且精准的生态敏感性评价。本研究聚焦小尺度的森林公园，分析结果指向性更为明确，依据分析结果可给出更加合理且准确的生态保护建议，为其生态资源的保护性开发提供科学依据。

1　研究方法与数据来源

1.1　研究区域概况

江淮分水岭地区位于安徽省中部，是中国重要的生态区域，地形以丘陵和山地为主，涵盖了丰富的自然资源和独特的生态系统。皇甫山国家森林公园地处江淮分水岭地区丘陵地带，属北亚热带湿润性季风气候区，园内多塘坝和溪流，水系发达。皇甫山国家森林公园素有皖东丘陵的“屋脊”之称。园区总面积

项目来源：国家自然科学基金资助项目（42071422）。
第一作者简介：徐佳乐（2002—），硕士，研究方向为生态遥感与地学应用，E-mail：2230902132@cnu.edu.cn。
通信作者：赵文吉（1967—），博士，教授，研究方向为遥感技术与地学应用，E-mail：zhwenji1215@163.com。

35.52 km²。园内最高海拔为393 m，为皖东最高峰，如图1所示。园内森林广布，保存了江淮地区最完整、面积最大的原始次生林，森林覆盖率达96%，且动植物种类繁多。但其境内地形地貌复杂，形成了独特的区域性小气候，同时近年来旅游资源的不断开发，使其生态平衡受到严重影响。自然栖息地的减少、水资源的过度开发与污染、植被病虫害等问题日益突出。

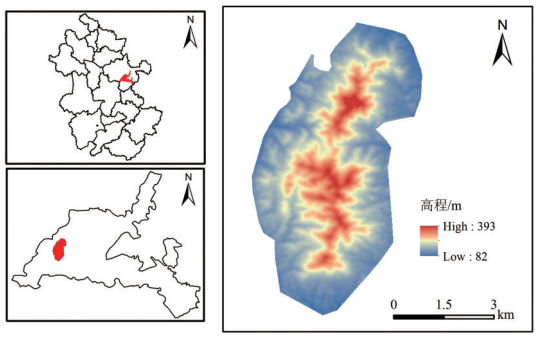


图1　研究区位置及高程图

审图号：GS(2024)0650号

1.2　数据来源及处理

本文所用到的数据为研究区12.5 m分辨率的DEM数据和10 m分辨率的遥感影像数据。其中DEM数据来自Earth Data网站（https://search.asf.alaska.edu/#/），并通过GIS空间分析方法提取坡度及坡向数据。遥感影像数据选用10 m分辨率的哨兵二号数据（https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home），对其进行辐射定标、大气校正等预处理，依据处理结果分别计算得到NDVI、NDWI和植被覆盖度数据。将获取的所有数据转换成统一的WGS_1984坐标系，以便于后续的处理与分析。为了更准确地反映区域内的生态敏感性，遥感影像数据选取时段为夏季，此时研究区内植被茂盛，相较于其他季节，能够更好地反映区域的生态问题。

1.3　研究方法

采用层次分析法，通过选取评价因子、确定分级标准、计算因子权重等步骤，完成评价体系的构建，并据此进行生态敏感性分析。技术流程如图2所示。

1.3.1　评价因子选取与分级标准确立

评价因子的选取是进行生态敏感性分析的前提与基础，直接影响着分析结果的准确性和可信度。在充分考虑皇甫山国家森林公园生态环境特征的前提下，从3个角度选取7个敏感因子作为生态敏感性分析的基础。依据《生态保护红线划定技术指南》等相关文件，同时根据研究区内具体情况，将各敏感因子分为不敏感、低敏感、中敏感、高敏感和极敏感5个等级，分级结果见表1。

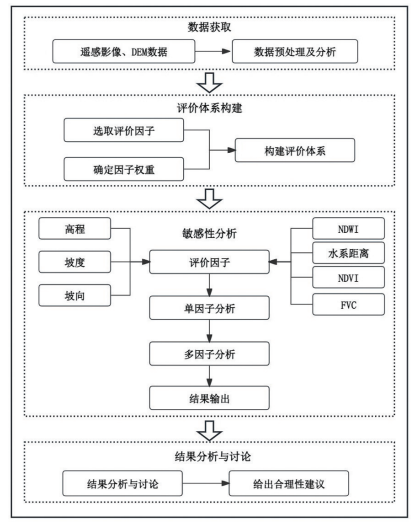


图2　生态敏感性评价技术流程图

1.3.2　因子权重计算与评价体系构建

本文依据层次分析法原理构建层次结构，通过邀请相关领域的专家学者对敏感因子两两比较进行打分，然后构建每一层的判断矩阵，求得每一层上各因子的权重，层层递进，最终确定各敏感因子的权重[12]。其主要步骤如下：①建立层次结构模型；②构建判断矩阵：

$$a_{ij}=\frac{1}{a_{ij}} \tag{1}$$

式中，a_{ij}为因子i和因子j相比较之下，两者的重要程度结果。

③计算因子权重及一致性检验：

$$CI=\frac{\lambda_{\max-n}}{n-1} \tag{2}$$

$$CR=\frac{CI}{RI} \tag{3}$$

式（2）和式（3）中，CI为偏离性一致性指标；λmax为矩阵最大特征根；n为矩阵阶数；RI为随机性一致性指标；CR为一致性检验值。通过计算可得CR=0.048，即一致性检验值小于0.1，所以一致性检验符合要求。依据因子权重计算结果，最终构建起评价体系如表1所示。

表1　生态敏感因子分级标准及权重

敏感因子	敏感因子分级标准					因子权重
	不敏感	低敏感	中敏感	高敏感	极敏感	
高程/m	<130	130~190	190~250	250~310	>310	0.05
坡度/(°)	<3	3~7	7~15	15~25	>25	0.05
坡向	正南	东南、西南	正东、正西	东北、西北	正北	0.07
NDVI	<0.70	0.70~0.74	0.74~0.78	0.78~0.82	>0.82	0.2
NDWI	<−0.75	−0.75~−0.71	−0.71~−0.67	−0.67~−0.63	>−0.63	0.23
植被覆盖度/%	>95	90~95	85~90	80~85	<80	0.25
水系缓冲区/m	>200	150~200	100~150	50~100	<50	0.14
赋值	1	2	3	4	5	

2 结果分析

2.1 单因子生态敏感性分析

依据所构建的生态敏感性评价体系，分别对各敏感因子进行分级分析，最终得到各单因子敏感性分级图，如图3所示。

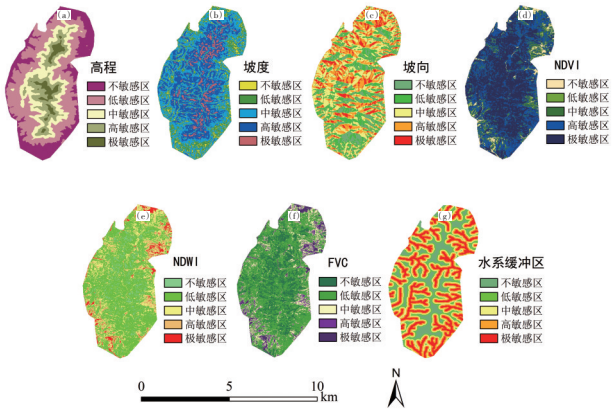


图3 各单因子生态敏感性分级图

对各敏感因子分析结果分类统计，得出各因子不同敏感等级的面积及占比，如表2所示。

表2 单因子敏感性分级统计数据

敏感因子	不敏感区		低敏感区		中敏感区		高敏感区		极敏感区	
	面积/km²	比例/%	面积/km²	比例/%	面积/km²	比例/%	面积/km²	比例/%	面积/km²	比例/%
高程	5.6	23.49	9.41	39.50	4.69	19.67	3.07	12.87	1.07	4.48
坡度	0.91	3.83	4.02	16.85	9.13	38.30	8.3	34.83	1.47	6.19
坡向	2.86	12.02	5.96	25.01	6.72	28.21	5.69	23.86	2.6	10.89
NDVI	0.87	3.65	0.8	3.34	2.09	8.76	8.43	35.37	11.65	48.88
NDWI	1.8	7.53	13.98	58.64	5.29	22.19	1.65	6.91	1.12	4.72
植被覆盖度	4.54	19.04	14.02	58.81	3.32	13.93	1.01	4.23	0.95	3.98
水系缓冲区	3.25	13.68	3.84	16.12	4.84	20.32	5.81	24.40	6.06	25.48

2.1.1 高程敏感性分析

研究区总体高程较低，高程值在82 ~393 m范围内。皇甫山国家森林公园的高程敏感性以中低敏感性为主，其中不敏感区、低敏感区、中敏感区面积分别为5.6 、9.41 km²及4.69 km²，占总面积比例分别为23.49%、39.5%和19.67%，而相比较之下，高敏感区和极敏感区仅占总面积的12.87%和4.48%。由于研究区高程特点为中间高，四周低，所以高程敏感性也呈现明显的由中心向两级递减的趋势。

2.1.2 坡度敏感性分析

坡度对一个地区的生态敏感性具有重要影响，坡度越陡，生态越脆弱，发生滑坡、泥石流等自然灾害的可能性越大，其生态敏感性也就越高[13]。皇甫山国家森林公园的坡度敏感性以中、高敏感性为主，中敏感区和高敏感区的面积分别为9.13 km²和8.3 km²，占总面积比例为38.3%和34.83%。不敏感区占比最小，为3.83%。并且坡度敏感性分布特征与高程敏感性分布特征具有一定的相似性，总体上呈现由中间向四周递减的趋势。

2.1.3 坡向敏感性分析

同一地区的不同坡向，受太阳照射时长、太阳辐射强度等均不相同，从而影响植物的生长、成熟等，最终对区域生态敏感性产生影响[14]。研究区坡向敏感性中各敏感等级占比相当，相比之下，低、中、高敏感区面积更大，面积分别为5.96、6.72 、5.69 km²，分别占总面积25.01%、28.21%、23.86%，而不敏感区和极敏感区面积分别为2.86 km²和2.6 km²，占比12.02%和10.89%。由于研究区内沟谷纵横、地形崎岖，导致其坡向复杂，且分布均匀，因此研究区内坡向敏感性分布也呈现错综复杂的特点。

2.1.4 植被指数敏感性分析

植被指数可以有效地表达植被的生物量、生长状态等信息，广泛应用于各种尺度的生态敏感性分析[15]。研究区内森林广布，森林覆盖率高达96%，导致植被指数计算结果较高，研究区内植被指数计算结果平均值为0.8，最大值为0.88。研究区内植被指数敏感性以高敏感和极敏感为主，两者面积之和可占总面积的80%以上，其中高敏感区和极敏感区面积分别为8.43、11.65 km²，占比为35.37%和48.88%。而不敏感区、低敏感区、中敏感区占比仅为3.65%、3.34%、8.76%，且集中分布在研究区的东北和西南方向的边缘地带。

2.1.5 植被覆盖度敏感性分析

植被覆盖度表达了一个地区植被的多寡状况，一般来说，植被覆盖度越高的地区，其生态结构越具稳定性[16]，因而其生态敏感性越低。由于本论文选取的研究区为皇甫山国家森林公园，园内森林覆盖率为96%，因此植被覆盖度计算结果普遍较高。植被覆盖度敏感性以低敏感区和不敏感区为主，两者广泛分布在整个研究区范围内，其中低敏感区面积最大，面积为14.02 km²，占总面积的58.81%；不敏感区次之，面积为4.54 km²，占比19.04%；极敏感区面积仅为0.95 km²，占比3.98%，主要分布在研究区的边缘地带和水域周围。

2.1.6 水系缓冲区敏感性分析

距离河流越近的地区，生态功能越重要，导致其敏感性等级也就越高[17]。研究区域内不同敏感等级面积分布较为均匀，呈现由水系向外逐渐扩散的态势。相比之下，极敏感区和高敏感区面积较大，极敏感区面积为6.06 km²，占比25.48%；高敏感区面积5.81 km²，

占比24.4%。此外，不敏感区、低敏感区、中敏感区面积分别为3.25、3.84、4.84 km²，占比分别为13.68%、16.12%、20.32%。造成此种现象的主要原因可归结为该研究区域水系较为发达，河流密布，使距离河流较近的地区面积较大，因此使得极敏感区和高敏感区的面积和占比较大。

2.1.7　水体指数敏感性分析

水体指数能够很好地反映区域的水环境特征和植被的含水量状况[18]。研究区内水体指数敏感性以低敏感区为主，低敏感区面积为13.98 km²，占比58.64%；中敏感区次之，面积为5.29 km²，占比22.19%。其余等级的敏感区面积分布较为均匀，不敏感区面积为1.8 km²，占比7.53%；高敏感区面积为1.65 km²，占比6.91%；极敏感区面积为1.12 km²，占比4.72%，且极敏感区主要分布在水体区域。

2.2　多因子综合生态敏感性分析

各单因子敏感性分析的结果，结合表1中各因子权重值，进行空间叠加分析。通过综合分析得到皇甫山国家森林公园综合评价值的范围为1.46～4.05，采用自然断点法，将其分为5个敏感等级。

结合表3可知，研究区的综合敏感性等级以中、低敏感性为主，两者面积分别为6.85、7.11 km²，占比为28.84%和29.93%。不敏感区和高敏感区面积相差无几，分别为3.5 km²和4.69 km²，占比为14.77%和19.74%。极敏感区面积最小，仅有1.59 km²，占比6.71%。在空间上，高敏感和极敏感主要发生在研究区内的水体区域，并呈现沿河流分布的特征，具有明显的水体指向性。中敏感区和低敏感区主要分布在研究区域中部、距离水系相对较远的区域。不敏感区分布也比较均匀，主要是在远离水系的地区。

表3　综合生态敏感性分级信息统计

敏感等级	分级区间	面积/km²	占比/%
不敏感区	1.4600～2.587 412	3.5	14.77
低敏感区	2.587 412～2.831 176	7.11	29.93
中敏感区	2.831 176～3.064 784	6.85	28.84
高敏感区	3.064 784～3.369 490	4.69	19.74
极敏感区	3.369 490～4.050 000	1.59	6.71

3　结　语

本文基于遥感与DEM数据，选取高程、坡度、坡向等因子，对皇甫山国家森林公园开展生态敏感性分析。结果表明，植被覆盖度、NDVI和NDWI为高度敏感因子；综合敏感性以中、低为主，高、极敏感区占比25%，主要沿河流分布，具有明显水体指向性。建议加强水体缓冲区建设，管控污水排放，并在关键河段植树保水、防治水土流失；同时应强化植被保护，尤其在覆盖度较低的东北和西南角，因地制宜种植根系发达、耐旱耐湿的树种。未来需纳入更多自然与社会因子，以全面支撑生态保护策略制定。

参考文献

[1] Bo Y, Li S J. Design with Nature: Ian McHarg's Ecological Wisdom as Actionable and Practical Knowledge[J]. Landscape and Urban Planning, 2016, 155(10): 21-32

[2] Song C, Teni G, Du H. Spatio-temporal Evolution of Ecological Sensitivity in the Desert of China from 1981 to 2022[J]. Sustainability, 2023, 15(16): 12 102

[3] Alok R, Kant L S. Spatial E-PSR Modelling for Ecological Sensitivity Assessment for Arid Rangeland Resilience and Management[J]. Ecological Modelling, 2023, 478(10): 110283

[4] 秦冉. 基于生态敏感性分析的泸沽湖湿地自然保护区功能区划研究[D]. 成都:成都理工大学, 2020

[5] 鲁敏, 穆回港, 谭蕾, 等. 基于GIS的济西国家湿地公园生态敏感性评价[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2022, 52(12): 95-103

[6] 余磊, 刘牧, 张绿水. 基于GIS技术的梅岭国家森林公园景观生态敏感度评价[J]. 绿色科技, 2022, 24(23): 46-51

[7] 王聪, 周金, 周明芹. 基于GIS与AHP分析法的武汉木兰生态旅游区生态敏感性评价[J]. 南方农业, 2022, 16(13): 172-176

[8] 倪梦静, 王天聪, 谢祥财. 基于GIS的沿海城市宁德市生态敏感性评价研究[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2023, 36(2): 10-14

[9] 刘若琦, 黄志强. 基于AHP-GIS的宜春市生态敏感性评价[J]. 地理空间信息, 2024, 22(4): 54-59

[10] 丁鸿浩, 赖宁静, 邓林昊, 等. 基于AHP-TOPSIS最优组合赋权的闽侯县生态敏感性评价[J]. 中国城市林业, 2022, 20(3): 94-101

[11] 何苏玲, 邹凤琼, 王金亮. 基于AHP和MSE赋权法的龙南县生态敏感性评价[J]. 生态学杂志, 2021, 40(9): 2 927-2 935

[12] 李恺. 层次分析法在生态环境综合评价中的应用[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(2): 183-185

[13] 杨严攀, 田培, 沈晨竹, 等. 基于RUSLE模型和地理探测器的鄂西南土壤侵蚀脆弱性评价[J]. 水土保持学报, 2023, 38(1): 1-13

[14] 吴林英, 卢小绿, 艾欣, 等. 山地型县城的生态敏感性评价:

（下转第113页）