
基于 GIS 的赣南丘陵地区生态敏感性研究

——以赣县河埠村为例

赖玉萍¹ 郑林^{1, 21}

(1. 江西师范大学 地理与环境学院, 江西 南昌 330000;

2. 江西师范大学 鄱阳湖湿地与流域研究

教育部重点实验室, 江西 南昌 330000)

【摘要】: 以赣县河埠村为研究对象, 运用层次分析法和 GIS 空间分析方法进行生态敏感性综合评价, 按生态敏感度的高低将研究区划分为 5 级: 极度敏感、高度敏感、中度敏感、轻度敏感和不敏感; 在地域分异规律上, 敏感性程度大致由西向东逐渐增强; 划定的敏感区主要分布在东侧坡度较陡的丘陵地带, 以林地、草地为主; 划定村庄建设用地允许开发边界约占土地总面积的 33.23%, 分布在村庄东南部和东北部平坦的区域以及东部两条山间沟谷地带。

【关键词】: 生态敏感性 河埠村 GIS

【中图分类号】 P208; TU984.18 **【文献标识码】** A

随着当今经济的快速发展, 人类对土地利用的范围和强度不断扩大, 土地资源利用不合理、废弃物污染加剧等问题相继出现, 生态环境与社会经济发展的矛盾日益突出。为了贯彻落实党中央、国务院关于实施乡村振兴、改善人居环境的指示精神, 各县市正在开展最新的村庄规划, 要求以生态环境保护和国土空间管制为抓手, 科学有序地引导村庄规划建设, 促进农村人居环境整治工作。生态环境保护在村庄规划中占有重要地位。

一个区域生态系统的可持续发展是区域和谐发展的重要前提。生态敏感性指生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反映程度, 表现为发生区域生态环境问题的难易程度和概率大小。进行土地生态敏感性评价, 确定生态敏感区, 即需要优先或者重点开展生态环境建设和保护的区域, 是世界各国和地区普遍用于指导区域社会经济发展的战略。生态敏感区作为一个区域内生态环境变化最激烈和最容易出现生态问题的地区, 是维持生态系统可持续发展及进行生态环境综合整治的区域。当受到人类不合理活动影响时, 敏感性高的区域生态系统就越容易受到损害, 应纳入生态环境保护和土地修复的重点区域。综合现有文献, 关于生态敏感性评价的研究多就特定区域的生态问题展开, 欧阳志云、王效科等就全国水土流失问题, 综合评价了我国水土流失敏感性区域差异, 并提出了中国水土流失的生态敏感性区划方案; 有学者就辽西荒漠化区域以小流域作为研究对象, 研究表明各区各级的敏感地区交错分布, 人类活动越频繁和集中的区域, 生态敏感性越强。研究尺度主要集中在省级和市级, 有学者运用生态因子评分方法和 GIS 技术对城市生态系统进行敏感性区划; 贺秋华等从土壤侵蚀、石漠化、生物多样性及生境、酸雨

作者简介: 赖玉萍 (1996-), 女, 江西南康人, 人文地理学硕士研究生, 研究方向: 区域与城市发展规划。

等方面进行了敏感性空间分异规律分析；韩贵锋等根据山地系统特征，选取土地覆盖类型、高程、地质灾害、水土流失等 8 个因子划定生态敏感性等级。对县级和村镇一级小尺度的研究较为少见，有学者基于生态敏感性评价，分析了研究区的土地资源承载力；也有运用生态敏感性评价，基于“三生”空间的山区村庄建设用地开发边界的划定。区域之间由于自然生态条件与经济发展水平的明显差异，所呈现的生态环境问题也各有差异。在国土空间规划背景下，生态敏感性评价应综合国土空间内的自然资源，整体认识国土空间内的各要素。

本文从村级尺度上，以赣南丘陵地区河埠村为例，在借鉴相关研究的基础上，加入水力侵蚀度因子，探索小尺度丘陵地区生态敏感性评价指标体系，进一步分析区域综合性生态敏感性，为不同分区生态建设和环境保护的方案提供理论支撑，同时对丘陵地区合理规划布局建设用地与划定生态空间提供科学的参考。

1 研究区概况

河埠村位于江西省赣州市赣县区城区东侧，江口镇东北部。村庄整体背山面水，境内地势起伏较小，河埠村最高海拔 238.4m，最低海拔 104.3m，整体海拔东高西低，东侧丘陵夹有条带状谷地；平江于西侧自北向南流经境内，最终注入贡江；气候属于亚热带季风气候，夏季高温多雨，冬季寒冷干燥，多年平均降水约 1076mm，土壤以红壤为主。根据现场勘查，村域内植被多为次生人工林，以针阔叶混交林为主。村内有小二型水库——河埠水库一座，功能以灌溉为主。村域内农林用地分布广阔，中部有集中连片的蔬菜基地，东部广阔茂盛的林地，中部赣龙铁路横穿而过；河埠村土地利用状况可用“五山一水两分田，两分道路和庄园”来概括，村庄建设用地受地形地貌影响较大，河埠村建设用地沿乡道 037 及东侧两条村道布局，布局相对零散，全村分为 11 个村小组，2018 年全村总人口 2523 人，户数为 636 户，河埠村区位图如图 1。

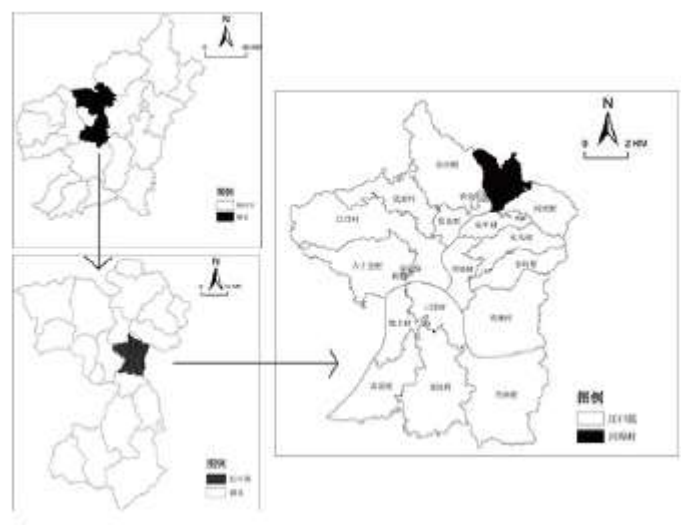


图 1 河埠村区位图

2 研究方法

2.1 数据来源及处理

选取自然资源部门第三次国土调查数据，研究区地形数据 (1:2000)，高程来自于无人机遥感航测数据 (10×10m)，使用 ArcGIS 计算地形坡度、坡向，绘制河埠村坡度图、坡向图。水土流失相关数据来源于水利部门研究成果，永久基本农田数据来源于赣州市赣县区土地利用总体规划数据库，生态保护红线数据来自于赣县区环保局，制作专题地图过程中统一采用大地 2000 为坐标

格式，将矢量的数据栅格化，像元大小设置为(10×10m)。

2.2 生态敏感性评价方法

2.2.1 构建生态敏感性综合评价体系。

评价的指标层考虑自然要素和社会要素，地形要素选取高程、坡度与坡向，平江绕村庄而过，陆地水域占全村面积的 11%，水体能够很好地反映生态敏感性；水土流失是赣南地区典型的生态问题，根据数据的可获取性本文采取水力侵蚀度这一因子；另外，不同的土地利用方式对生态环境也会产生不同的影响。针对研究区特点，选取高程、坡度、坡向、水域、水力侵蚀度以及土地利用类型。为保证评价的科学性，特邀请专家对指标体系中各因子的相对重要性给予评价，再通过层次分析法计算出各个评价因子的权重值，构建河埠村生态敏感性综合评价指标体系(表 1)。

表 1 河埠村生态敏感性综合评价指标体系

目标层	指标层	权重
生态敏感性综合评价指标体系	高程	0.077
	坡度	0.316
	坡向	0.132
	水力侵蚀	0.266
	水域	0.086
	土地利用类型	0.123

2.2.2 确定各个指标分级和分值。

赣县河埠村生态敏感性评价以各单因子数据为原始数据，根据国家关于生态功能区划中生态敏感性指标分级标准，建立含有生态和社会要素的河埠村生态敏感性评价指标分级，并按生态敏感性指数大小将研究区分为 5 级：极度敏感、高度敏感、中度敏感、低度敏感和不敏感，对五个指标分别进行赋值，确定其分值。

表 2 河埠村生态敏感性综合评价指标的分级及分值

分级指标	极度敏感	高度敏感	中度敏感	轻度敏感	不敏感
高程(m)	>200	160-200	140-160	120-140	120
坡度(°)	>25	15-25	6-15	2-6	0-2
坡向(°)	337.5-22.5	270-337.5 或	202.5-270 或	157.5-202.5	-1
		22.5-190	90-157.5		

水力侵蚀	14-16	13-14	12-13	11-12	11
水域 (m)	50	50-100	100-200	200-300	>300
土地利用类型	陆地水域	林地及其他自然保留地	园地耕地	其他农用地	建设用地
分值	5	4	3	2	1

2.2.3 单因子叠加综合分析法。

对单因子进行加权叠加综合评价，计算模型如下：

$$S_i = \sum_{k=1}^n [w_k \times C_{i(k)}]$$

式中， s_i 为第 i 个评价单元的综合值， i 为评价单元， n 为评价因子总数， k 为评价因子， w_k 为第 k 个评价因子的权重， $c_{i(k)}$ 为第 i 个评价单元的第 k 个评价因子敏感性评价价值。

3 结果与分析

3.1 单因子评价结果分析

3.1.1 高程因子。

村庄海拔于 104.3~238.4m 之间，地势东高西低。在高程因子中，高程越高，生态敏感性越高。研究区高程因子的敏感性高低与地势起伏情况一致，呈现东高西低的特征。高程因子的极高敏感、高敏感、中敏感、低敏感和不敏感区域面积所占比例 2.1%、14.9%、16.5%、20.9%和 45.7%(图 2a)。

3.1.2 坡度因子。

坡度是导致水土流失的重要因素，一般坡度越大，对生态环境影响越强烈，生态敏感性也越高。坡度因子的极度敏感、高度敏感、中度敏感、轻度敏感和不敏感区域面积所占比例为 21.3%、17.3%、16.1%、15%和 30.3%。坡度因子影响下，赣县河埠村不敏感的区域所占比例较大，多为村庄中部地势平坦的区域；极度敏感和高度敏感区域主要位于东侧的山林沟谷两侧，坡度较陡，故生态敏感性较高(图 2b)。

3.1.3 坡向因子。

坡向影响着植被生长，对热量的获取影响巨大。完全为平地没有坡度的地区，即不敏感区域范围较小，仅占 0.2%，朝向为 157.5°~202.5° 为轻度敏感区域，光热条件好。朝向越往北敏感性越高，高度敏感区域坡向为 337.5°~22.5°，所占比例为 10.7%；朝向 270°~337.5° 和 22.5°~90° 的区域为高度敏感区域，所占比重为 35.6%；202.5°~270° 与 90°~157.5° 为中敏感区域，所占比例为 10.7%(图 2c)。

3.1.4 水力侵蚀因子。

水土流失是一种危害严重的生态环境问题，水力侵蚀的强度决定土壤的特性、植被情况以及水流的冲刷力大小等。水力侵蚀会导致土层变薄，土壤退化，严重破坏生态平衡。水力侵蚀因子的极高敏感和高度敏感区域面积所占比例为 0.4%和 0.5%，主要分布在赣龙铁路隧道附近及其平江沿岸，其他零散分布于山林间。其中不敏感的区域为 60.3%，所占比重最大，大部分分布于村庄中部。轻度敏感和中度敏感区所占比重为 34.54%及 4.1%(图 2d)。

3.1.5 水域因子。

水体是构成区域环境的重要生态基底，是本地居民的重要生活物质，同时也是极易受人为干扰的因子之一。水域的合理保护与利用，对社会经济发展至关重要。在到水域的距离中，水域范围 0.05km 内为极度敏感，0.05km~0.1km 内为高度敏感，极度敏感和高度敏感区域分别占 17.3%和 6.6%，主要分布在水域附近。轻度敏感和不敏感区域为 0.1~0.2km 范围内和 0.2~0.3km，所占区内面积的 12.2%和 50.2%，主要分布在远离平江与河埠水库的地区。不敏感区域为距离水域大于 0.3km 范围，占全村面积的 50.3%(图 2e)。

3.1.6 土地利用类型因子。

土地利用类型作为唯一一个人工因素，在一定程度上影响一个区域的可持续发展，同时也影响一个区域的生态环境质量。据全国第三次国土调查数据，河埠村农林用地占全村土地面积 76.38%，森林覆盖率达 48.59%，建设用地 49.11hm²。现状土地利用类型中，极度敏感、高度敏感区域所占的面积比例分别是 10.8%、49%；高度敏感的区域所占比重较大，究其原因是本区林地面积分布较广，集中连片分布在村庄东侧丘陵地区；极度敏感区为陆地水域，包括河流与水库；中度敏感区为园地和耕地，所占比重为 23.1%，不敏感和轻度敏感区域分别占总面积的 4.9%和 12.1%，主要为村庄的建设区及其他农用地(图 2f)。

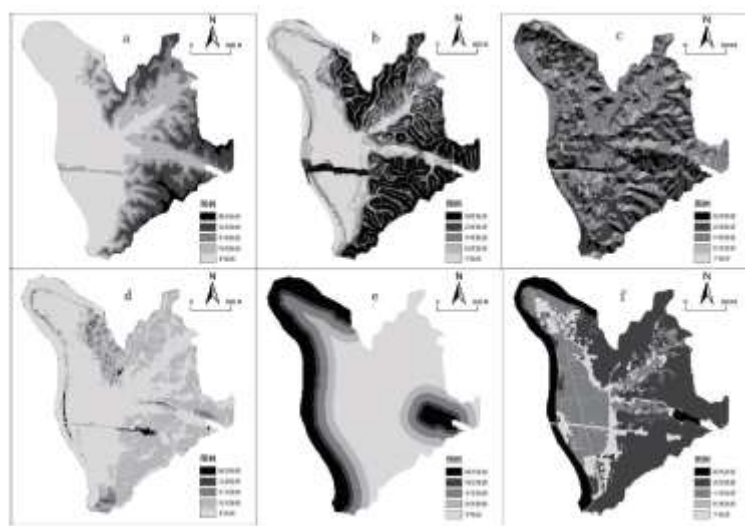


图 2 基于各因子的生态敏感性分析结果

a、高程因子评价 b、坡度因子评价 c、坡向因子评价 d、水力侵蚀因子评价 e、水域因子评价 f、土地利用类型因子评价

3.2 综合评价结果分析

通过对高程、坡度、坡向，水力侵蚀、土地用地类型与距离水体的远近等 6 项指标进行加权叠加综合分析，划分为极度敏感、高度敏感、较高敏感、中度敏感、轻度敏感与不敏感 5 个等级，利用 AHP 层次分析方法得到各个要素的权重，对每个评价因子加权求和得到综合评价，根据综合评价将其划分为 5 个等级(图 3)，各等级面积和比例见表 3。根据生态敏感性综合评价结果，辨别各单元的生态敏感程度，并对河埠村不同敏感程度地区制定相应的保护措施。

- (1) 总体来看，在地域分异规律上生态敏感性程度大致由西向东逐渐增强，与高程、坡度地域分异规律趋势大致相同。
- (2) 不敏感区域面积为 124.47hm²，占总面积的 30.71%，主要为村庄建设区及地势较平坦的区域，生态敏感性越低，抗干扰能力越强，可作为村庄建设用地的首选。但是农村建设应当保护生态环境，以环境容量为约束条件，加强绿地建设与生态补偿。
- (3) 轻度敏感区域面积为 69.59hm²，占总面积的 17.17%，主要分布在不敏感区外围一定距离的区域，农用地面积较大，坡度较适宜，该区域生态系统较稳定，人为活动对该区的生态环境对其干扰较小。要注重村庄建设与生态环境的协调性，适应性。
- (4) 中度敏感区域面积为 58.23hm²，占总面积的 14.37%，主要分布在缓坡的园地和耕地地带，面积最小。园地可以增加植株间距，降低郁闭度，利于地表其他植被生长，丰富该区域物种多样性，维持生态系统稳定。
- (5) 高敏感和极高敏感区与面积为 80.5hm²、72.49hm²，占总面积的 19.86%和 17.89%，高敏感区与极高敏感区相间分布，主要分布在村庄东侧海拔较高、坡度较陡的林地和水土流失严重的区域。高度敏感和极高敏感区域内城市建设禁止占用土地，村庄规划应制定相应的管控规则，同时对已破坏的生态环境尽快做好生态修复工作。

表 3 河埠村生态敏感性综合评价表

生态敏感性类型	生态敏感指数	面积(hm ²)	占比
不敏感	1	124.47	30.71%
轻度敏感	2	69.59	17.17%
中度敏感	3	58.23	14.37%
高度敏感	4	80.5	19.86%
极高敏感	5	72.49	17.89%

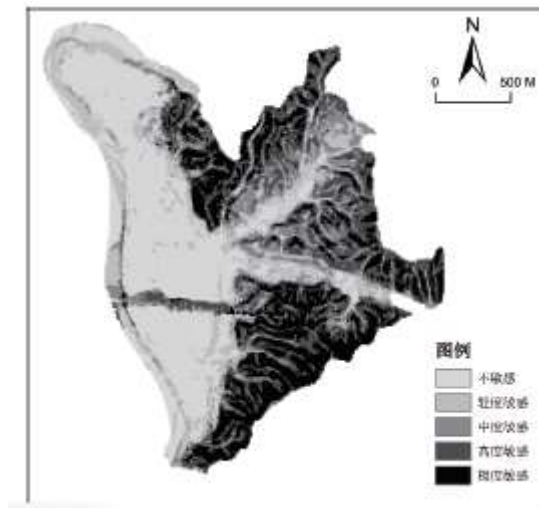


图 3 河埠村生态敏感性综合评价图

3.3 划定生态敏感区

利用河埠村生态敏感性评价成果，将极高敏感和高度敏感两个等级划入河埠村生态敏感区，其总面积为 152.99hm^2 ，生态敏感区主要分布在该区域主要是坡度较陡的东侧丘陵的林地、草地地带。

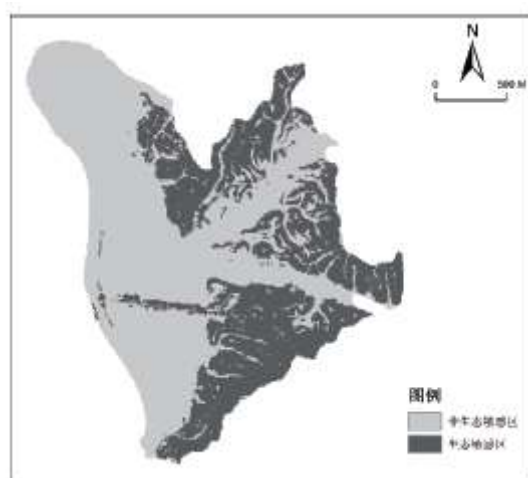


图 4 河埠村生态敏感区图

3.4 基于敏感性评价划定村庄建设用地允许开发边界

利用 ArcGIS 分析工具，通过剔除生态敏感区、永久基本农田保护区、生态保护红线及生态公益林，划定河埠村村庄建设用地允许开发边界(图 5)。村庄建设用地允许开发的面积为 134.69hm^2 ，约占土地总面积的 33.23%，主要分布在东南部和东北部平坦的区域以及东部两条山间沟谷地带。

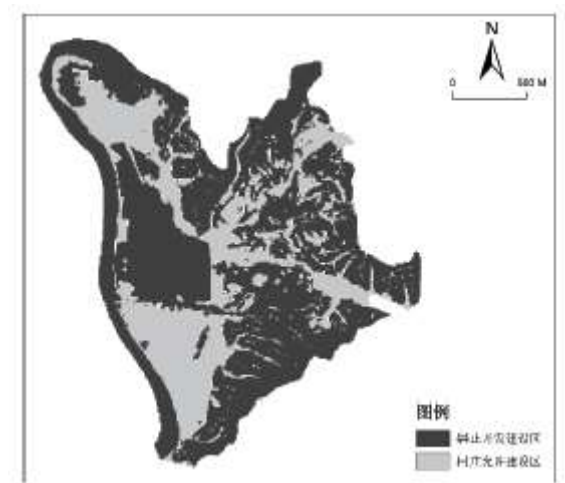


图 5 河埠村建设用地允许开发边界

4 结论与讨论

4.1 结论

通过对赣县河埠村进行的生态敏感性综合评价，划定五个等级，并对此确定生态敏感区，将生态敏感区、永久基本农田、生态保护红线以及生态公益林作为限定因子，划出丘陵村庄建设用地允许开发边界。研究显示：

(1) 以丘陵地区为例，选取 6 个影响因子，在 GIS 空间分析技术的支持下，根据 AHP 分析法构建生态敏感性指标评价体系，统计出河埠村极度敏感、高度敏感、中度敏感、轻度敏感及不敏感占区内总面积的比重分别为 17.89%、19.86%、14.37%、17.17% 及 30.71%；在地域分异规律上，生态敏感性程度大致由西向东逐渐增强。

(2) 划定的生态敏感区主要分布在村庄东侧坡度陡峭或坡度较大的丘陵林地、草地等，其总面积为 152.99hm^2 ，约占土地面积的 37.74%；

(3) 根据生态敏感性评价划定的村庄建设用地允许开发边界面积为 134.69hm^2 ，约占土地面积的 33.23%，主要分布在东南部和东北部地势平坦的地区以及东侧两条沟谷区域。将生态敏感性分析和用地的适宜性分析结合起来，能够有效的指导空间规划，合理划定“三生”空间，减少农村建设对生态环境的破坏，优化农村的人居环境。

4.2 讨论

研究基于生态敏感性评价，确定生态敏感区，划定河埠村村庄允许建设的边界，这只是村庄规划的准备工作。就“多规合一”的村庄规划，还需要综合考虑其他因素，合理划定生态空间、农业空间与建设空间，使土地利用空间格局与区域生态环境相适宜。因地制宜，发挥各村特色，避免“千村一面”的现象，实现村庄跨越发展，推动乡村振兴。

因子选择和权重都会对生态敏感性分区结果产生影响。影响生态敏感性的因子众多，选择的影响因子不同，综合评价结果也将存在差异，因此，指标体系的建立应以研究区的生态环境特征及存在的生态环境问题为依据；其次，影响因子权重的确定也具有一定的主观性，一定程度上会影响区域敏感性分区的结果。

参考文献:

- [1]徐福留, 曹军, 陶澍, 等. 区域生态系统可持续发展敏感因子及敏感区分析[J]. 中国环境科学, 2000(4):361-365.
- [2]欧阳志云, 王效科, 苗鸿, 等. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J]. 生态学报, 2000, 20(1):9-12.
- [3]李志江, 胡召玲, 马晓冬, 等. 基于 GIS 的新沂市生态敏感性分析[J]. 江苏师范大学学报(自然科学版), 2006, 24(3):72-75.
- [4]王效科, 欧阳志云, 肖寒, 等. 中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究[J]. 生态学报, 2000, 21(1):14-19.
- [5]马玉新. 辽西荒漠化区域水土流失敏感性评价——以彰武县衙门小流域为例[J]. 黑龙江水利科技, 2018(4): 218-221.
- [6]杨志峰, 徐俏, 何孟常, 等. 城市生态敏感性分析[J]. 中国环境科学, 2002, 22(4):360-364.
- [7]贺秋华, 张丹, 陈朝猛, 等. GIS 支持下的黔中地区生态环境敏感性评估[J]. 生态学杂志, 2007, 26(3):413-417.
- [8]吴金华, 李纪伟, 朱鸿儒. 基于 ArcGIS 区统计的延安市土地生态敏感性评价[J]. 自然资源学报, 2011(7):1180-1188.
- [9]韩贵锋, 赵珂, 袁兴中, 等. 基于空间分析的山地生态敏感性评价——以四川省万源市为例[J]. 山地学报, 2008, 26(5): 531-537.
- [10]王后阵, 蔡广鹏, 韩会庆, 等. 基于三生空间的山区村庄建设用地开发边界划定——以贵州省仁怀市五马镇为例[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2018, 36(6):82-86+95.
- [11]尹海伟, 徐建刚, 陈昌勇, 等. 基于 GIS 的吴江东部地区生态敏感性分析[J]. 地理科学, 2006(1):64-69.