

# 基于MCR模型的淮北矿区生态分区定量研究及优化策略

王瑞<sup>1</sup>, 张世文<sup>2\*</sup>, 晋康<sup>1</sup>, 李唯佳<sup>1</sup>, 朱曾红<sup>2</sup>

<sup>1</sup>安徽理工大学空间信息与测绘工程学院, 安徽 淮南

<sup>2</sup>安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2022年5月11日; 录用日期: 2022年6月15日; 发布日期: 2022年6月22日

## 摘要

煤炭资源的过度开发对生态环境产生了一定的负面影响, 以淮北矿区为研究区, 基于最小累积阻力模型, 划定淮北矿区生态修复分区, 结果表明: 淮北矿区6.87%区域属于高风险区, 其他修复分区面积占比按照由高到低的次序排列, 依次为中风险区、较高风险区和低风险区, 分别占全区总面积的49.56%、22.97%和20.59%。研究结果可为未来淮北矿区生态环境修复提供科学参考。

## 关键词

最小累积阻力模型, 生态阻力面, 生态分区

# Quantitative Study and Optimization Strategy of Ecological Zoning in Huaibei Mining Area Based on MCR Model

Rui Wang<sup>1</sup>, Shiwen Zhang<sup>2\*</sup>, Kang Jin<sup>1</sup>, Weijia Li<sup>1</sup>, Zenghong Zhu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Spatial Informatics and Geomatics Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

<sup>2</sup>School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: May 11<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jun. 15<sup>th</sup>, 2022; published: Jun. 22<sup>nd</sup>, 2022

## Abstract

The overexploitation of coal resources has had a certain negative impact on the ecological environment. Taking the Huaibei mining area as the study area, based on the minimum cumulative resistance model, the ecological zoning of the Huaibei mining area is determined. The results show that 6.87% of the Huaibei mining area belongs to the high-risk area, and the other restoration zoning areas are ranked in descending order of risk, namely medium-risk area, high-risk area and low-risk area, accounting for 49.56%, 22.97% and 20.59% of the total area of the whole area. The research results can provide scientific reference for the future ecological environment restoration of the Huaibei mining area.

\*通讯作者。

文章引用: 王瑞, 张世文, 晋康, 李唯佳, 朱曾红. 基于 MCR 模型的淮北矿区生态分区定量研究及优化策略[J]. 环境保护前沿, 2022, 12(3): 513-518. DOI: 10.12677/aep.2022.123068

ronment, taking the Huaibei mining area as the research area, based on the minimum cumulative resistance model, delineating the ecological restoration zone of the Huaibei mining area, the results show that 6.87% of the Huaibei mining area belongs to the high-risk area, and the proportion of other restoration areas is arranged in order from high to low, in order of medium risk area, high risk area and low risk area, accounting for 49.56%, 22.97% and 20.59% of the total area of the whole area, respectively. The research results can provide a scientific reference for the future restoration of the ecological environment in Huaibei mining area.

## Keywords

Minimum Cumulative Resistance Model, Ecological Resistance Surface, Ecological Partitioning

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

淮北矿区多年来煤炭资源过度开发造成的地应力下降导致了矿区地表沉降, 研究区内出现了水土流失、生境破碎化严重和生态用地的质量恶化等问题[1], 划定生态修复分区对维持区域的生态稳定性有着重大意义。

近年来, 生态分区在生态空间规划中具有广泛应用, 目前生态分区主要依据研究区的生态服务功能[2]、生态敏感性[3]、生态适宜性[4] [5]等评估确定, 以最小累积阻力模型为依据, 摸清研究区生态环境特征, 采用 ArcGIS 自然断点法分级, 识别淮北矿区生态修复重点区域, 提出分区治理对策[6], 以期淮北矿区的生态修复提供技术参考。

## 2. 研究区与数据

### 2.1. 研究区概况

选择淮北矿区为研究区(115°58'~117°12'E, 33°20'~34°28'N, 图 1), 淮北矿区位于亳州市、淮北市和宿州市之间, 煤矿资源储量丰富, 季风明显、降雨量适中、夏季雨量集中、春季的温差较大。

### 2.2. 数据来源

本研究使用的数据: 土地利用数据来源于自然资源部研制的全球地表覆盖数据集 Globe Land 30 (<http://www.globallandcover.com/>), Kappa 系数 0.82, 效果较好。植被覆盖数据来自淮北矿区 2020 年 7 月 8 日 30 m 的 Landsat8 影像数据解译。矢量数据来自 OpenStreetMap。塌陷数据来自淮北矿业集团提供的内部资料。

## 3. 研究方法

### MCR 模型

最小累积阻力模型是基于生态源地和研究区的综合阻力面, 与 GIS 的空间分析相结合, 采用阈值法对阻力面进行分级[7], 通过整体规划, 构建淮北矿区的生态安全分区, 可以定量识别淮北矿区的生态环境问题, MCR 模型公式如下:

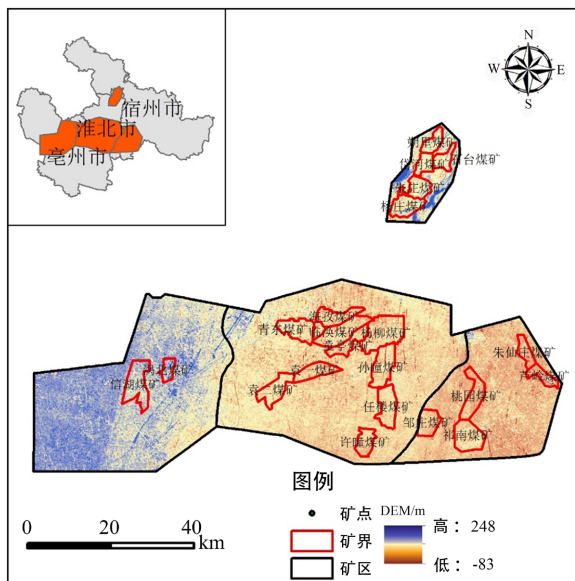


Figure 1. Geographical location of the study area

图 1. 研究区地理位置

$$MCR = f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} D_{ij} \times R_i \quad (1)$$

式中， $MCR$  表示的是为研究区的最小累积阻力值， $f_{\min}$  为空间上单调递增的未知正函数。 $D_{ij}$  为  $i$  经过景观基面到达  $j$  的空间距离； $R_i$  为  $i$  的阻力系数； $n$ 、 $m$  分别为源地和景观单元数。

## 4. 结果分析

### 4.1. 阻力面构建

生态阻力面的构建主要受到地形地貌、景观类型和人类活动等因素的影响，故阻力因子的选择对综合阻力面的构建起到了关键性作用，参考前人构建不同景观阻力面的文献资料[8]并结合淮北矿区实际情况和自身特点，选取植被覆盖度、土地利用、塌陷损毁程度等六个阻力因子作为评估生态分区的主要生态阻力因子。结合层次分析法构建主观评价矩阵，得到各阻力等级的权重系数，CR 值  $0.075 < 0.1$ ，一致性检验符合研究要求。采用代表 5 个不同等级的 1、2、3、4、5 评估单一因子阻力，各阻力系数的阻力值分级及权重见表 1、图 2。

Table 1. The single-factor evaluation index system of ecological resistance

表 1. 生态阻力单因子评价指标体系

阻力因子	1	2	3	4	5	权重
植被覆盖度	>0.8	0.7~0.8	0.6~0.7	0.4~0.6	<0.4	0.1418
土地利用	林地	水域	草地	耕地	建设用地	0.2673
距道路距离(m)	>4400	2900~4400	1700~2900	800~1700	0~800	0.1235
距河流距离(m)	<500	500~1100	1100~1800	1800~2700	>2700	0.0982
距矿点距离(m)	>20,000	15,000~20,000	10,000~15,000	5000~10,000	0~5000	0.1019
塌陷损毁程度	0 m~0.01 m (无影响)	0.01 m~0.5 m (轻度塌陷)	0.5 m~2 m (中度塌陷)	>2 m (重度塌陷)	—	0.2673

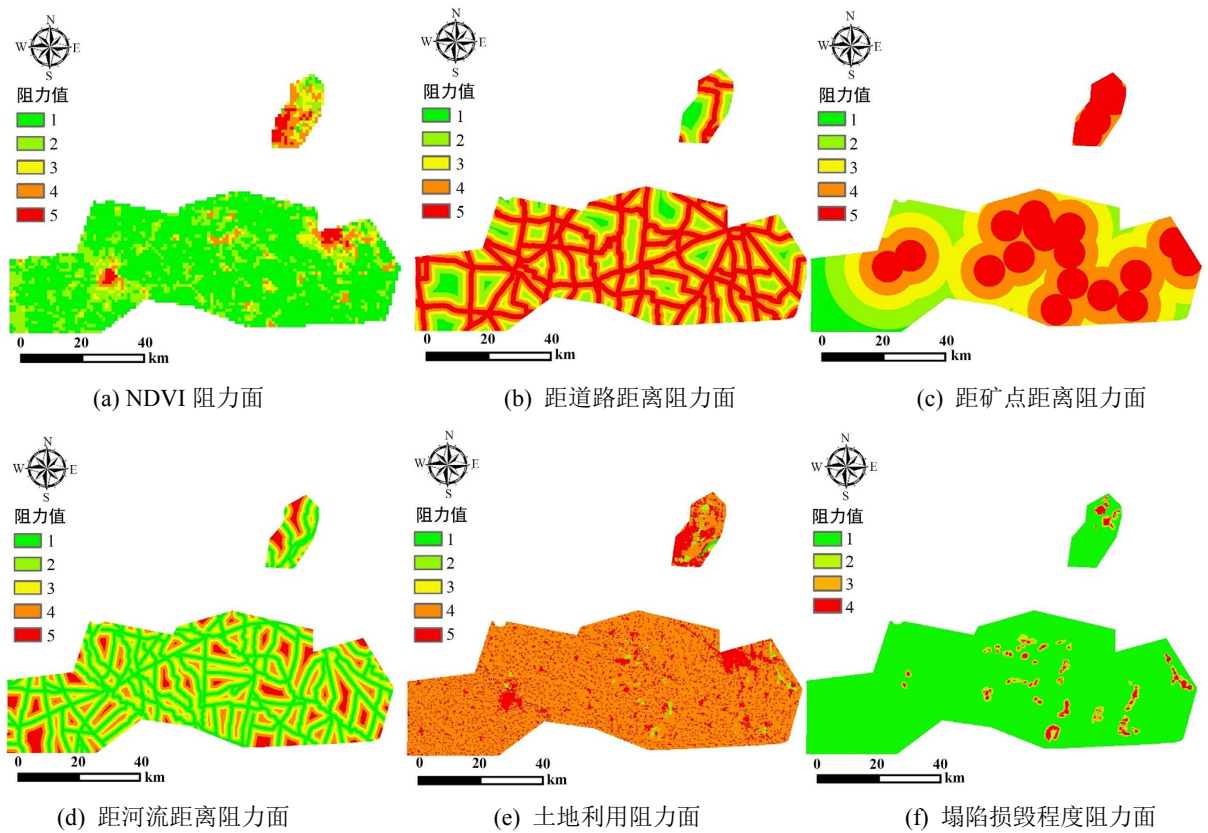


Figure 2. The single-factor evaluation results of ecological resistance in Huaibei mining area  
图 2. 淮北矿区生态阻力单因子评价结果

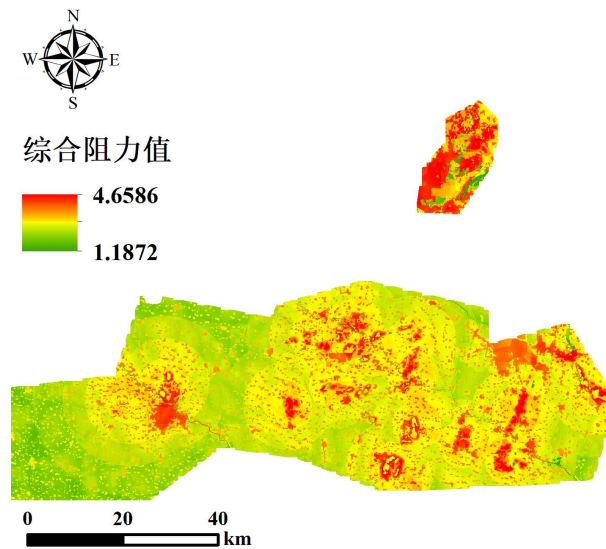


Figure 3. Distribution map of comprehensive resistance value in Huaibei mining area  
图 3. 淮北矿区综合阻力值分布图

基于 ArcGIS 平台对各生态阻力因子进行重分类, 利用加权求和计算[9], 得到淮北矿区的综合阻力面(图 3), 植被覆盖度越低的区域阻力等级越高, 阻力高的区域呈现分散分布, 面积较小; 塌陷越严重的

地方阻力等级越高,生态修复阻力越大,主要集中在各矿区范围以内;矿山开采对淮北矿区生态环境带来影响较大,距离矿区距离越近的区域阻力越大;距河流距离越近阻力等级越低,生态修复阻力越小;距公路的距离越近阻力等级越高;土地利用类型中建设用地的阻力等级较高,主要集中在各矿区范围内。叠加各单项阻力面,计算综合阻力值,淮北矿区综合阻力值介于 1.1872~4.6586 之间,阻力值大小分布与采矿历史(塌陷损毁程度)具有一定的空间重叠性,濉萧矿区、临涣矿区以及宿州矿区阻力值相对较大,涡阳矿区阻力值相对较小。

## 4.2. 基于生态安全格局的生态分区

利用分区阈值对结果进行分级[10],据各因子阻力面,采用叠加分析得到淮北矿区生态安全等级分布图(图 4)。将淮北矿区的生态修复分区划分为高风险区域、较高风险区域、中风险区域和低风险区域。低风险区域的面积为 1020.00 km<sup>2</sup>,占全区面积的 22.97%,这部分区域主要是以森林草场和水域为基底的地区。中风险区的面积为 2200.50 km<sup>2</sup>,占全区总面积的 49.56%,这部分区域处于生态缓冲区,是一道重要的自然保护屏障,较高风险区面积是 914.36 km<sup>2</sup>,占全区域的 20.59%,这部分区域主要以农田为主,生态扩张阻力较大;高风险区域面积为 305.35 km<sup>2</sup>,占全区面积的 6.87%,由于交通路网、植被覆盖度偏低、地势起伏采矿活动的影响,淮北矿区的北部地区风险值较高,生态扩张阻力大,生态环境脆弱、敏感,生态环境极易遭受破坏,为了能给淮北矿区提供一种具体修复方案,划分了淮北矿区的生态分区并提出修复理念,为后期生态环境治理提供参考。

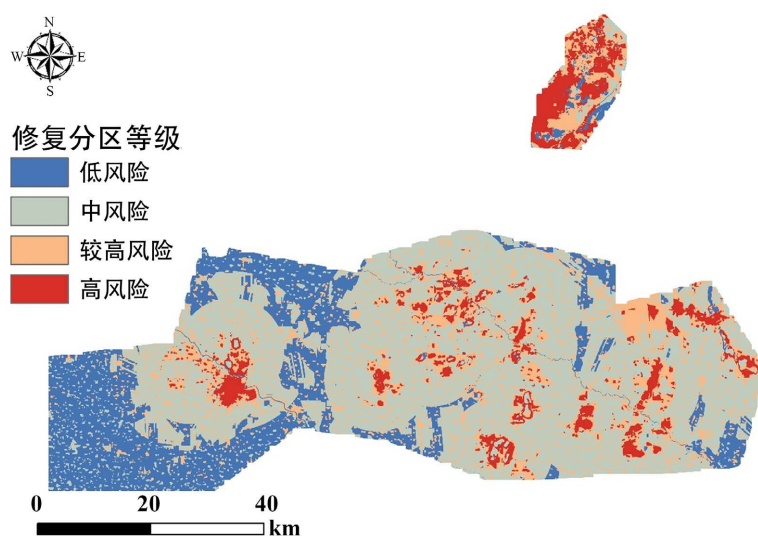


Figure 4. Distribution map of ecological safety levels in Huaibei mining area  
图 4. 淮北矿区生态安全等级分布图

## 4.3. 生态修复策略

基于研究区生态修复分析结果,针对各生态修复分区提出针对性的修复建议。低风险地区可以通过建立保护区,建设生态廊道,采用保护和保育修复的方式,禁止任何性质的建设与人为活动。在中风险地区,以自然修复为主,采用切断风险源,减少人为活动对淮北市生态源地的干扰,禁止过度捕捞,封山育林,强化保护措施。较高风险地区应以辅助再生为主,修复治理为辅,重点关注,并通过一定的工程、技术措施对塌陷损毁严重的区域进行修复治理,将人工修复与自然修复相结合。高风险地区应当采取生态重建方式,根据地貌重塑、栖息地重建、生物多样性重组等途径,对胁迫因素进行消除,在今后

的规划中，为抵御人类活动的干扰留出一定的缓冲带，而达到增强整个生态系统稳定性的目的。

## 5. 结语

基于最小累积阻力模型的研究方法，结合研究区的实际情况，科学地选择了淮北矿区主要的阻力因子，摸清了淮北矿区的生态环境特征，得出结论如下：

综合考虑植被覆被、塌陷程度和土地覆被等阻力因素，将淮北矿区修复分区等级分为四级，高风险区占全区总面积的 6.87%，较高风险区占全区总面积的 20.59%，中风险区占全区总面积的 49.56%，低风险区占全区总面积的 22.97%。依据不同生态分区的特点，提出淮北矿区“因地制宜、分区治理”生态治理模式，对于塌陷无积水区域采用农业治理模式，将土地平整为耕地发展农业。对于塌陷尚未沉稳的区域采用林业治理模式，通过植树造林，可以实现防沙固土的作用。对于小面积塌陷积水区域，发展水产养殖模式。对于大面积塌陷积水区域采用生态修复模式，将其改造成为生态主题公园。通过治理工程的逐步实施，矿区的生态环境将得到改善。

## 项目编号

国家重点研发计划项目(2020YFC1908601)。

## 参考文献

- [1] 孙立颖, 张世文, 董祥林. 采矿扰动下芦岭矿土地利用景观格局分析与预测[J]. 安徽理工大学学报(自然科学版), 2021, 41(5): 8-15.
- [2] 姜芳茗, 徐志红, 王建锋, 游诗雪, 沈少泽, 岑庆, 邓劲松. 国土空间复合生态功能识别与分区——以浙江省湖州市为例[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2022, 48(2): 227-239.
- [3] 牛晓楠, 倪欢, 陈国光, 张定源, 张景, 张洁, 吴佳瑜. 福建省生态保护重要性评价[J]. 生态学报, 2022, 42(3): 1130-1141.
- [4] 曲衍波, 张凤荣, 姜广辉, 关小克, 郭力娜. 基于生态位的农村居民点用地适宜性评价与分区调控[J]. 农业工程学报, 2010, 26(11): 290-296.
- [5] 董家华, 包存宽, 黄鹤, 舒廷飞. 土地生态适宜性分析在城市规划环境影响评价中的应用[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(6): 698-702.
- [6] 张世文, 卜中原, 沈强, 杨邵文, 胡青青, 周妍, 罗明. 粤北南岭大宝山矿流域山水林田湖草修复阻力与优先级分析[J]. 生态学报, 2019, 39(23): 8920-8929.
- [7] 蔡成瑞, 舒帮荣, 雍新琴, 朱慧, 袁秀. 基于生态适宜性与最小累积阻力模型的区域生态红线划定[J]. 江苏师范大学学报(自然科学版), 2020, 38(1): 1-6.
- [8] 陈竹安, 况达, 危小建, 张立亭. 基于 MSPA 与 MCR 模型的余江县生态网络构建[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(8): 1199-1207.
- [9] 倪庆琳, 侯湖平, 丁忠义, 等. 基于生态安全格局识别的国土空间生态修复分区——以徐州市贾汪区为例[J]. 自然资源学报, 2020, 35(1): 204-216.
- [10] 刘巷序, 常江, 胡庭浩, 等. 基于最小累积阻力模型的采煤塌陷区生态恢复潜力研究——以徐州市为例[J]. 现代城市研究, 2019(2): 101-107.