

# 基于空间分析技术的生态红线划定

## —以贵安新区为例

王洪波<sup>1,2</sup>, 兰安军<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 贵州师范大学, 贵州贵阳 550001 ; <sup>2</sup> 贵州林业勘察设计有限公司, 贵州贵阳 550003 )

**【摘要】**以空间技术为主要研究手段, 以生态服务功能重要性和生态环境敏感性、脆弱性为主要依据, 确定研究区域内生态红线范围, 为贵安新区经济社会发展提供生态保障。结果表明, 贵安新区生态红线范围总面积 584.95km<sup>2</sup>, 占贵安新区土地总面积的 30.87%, 主要分布于重要水源保护区、风景名胜区、森林公园等敏感区域、石漠化程度严重区域以及植被覆盖率较高的区域。

**【关键词】**生态红线; 贵安新区; 生态环境敏感性; 生态服务功能重要性

**【中图分类号】**X171.1

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1003 - 6563 ( 2016 ) 04 - 0031 - 05

生态红线对维护自然生态系统服务, 保障国家和区域生态安全具有关键作用, 是在禁止开发区、生态服务功能区和生态敏感区、脆弱区等区域划定的最小生态保护空间。国外对生态红线的研究主要体现在生态基础设施、生态网络、绿色通道<sup>[1-4]</sup>等。国内对生态红线划分有了部分研究。符娜<sup>[5-6]</sup>, 冯文利<sup>[7]</sup>等对土地利用规划的生态红线区划分进行了研究, 提出了生态红线区是指对生态系统比较脆弱, 具有重要生态功能, 必须实施全面保护的区域, 并将生态红线区分为三个子类区; 范学忠<sup>[8]</sup>等对昆明市生态红线区非生态用地转变前后的生态效益进行了对比分析; 左志莉<sup>[9]</sup>对广西贵港市进行了生态红线区的划分, 对实现土地资源可持续利用提供了有效途径; 王荣<sup>[10]</sup>对深圳宝安区基本生态控制线内的土地利用进行了动态监测及优化研究; 许妍<sup>[11]</sup>等对渤海生态红线进行了划分, 建立了从生态功能重要性、生态环境敏感性、环境灾害危险性三方面划分生态红线的指标体系, 为生态红线划定的技术方法奠定了基础; 冯宇<sup>[12]</sup>以呼伦贝尔草原为研究对象, 提出了以生态敏感性保护红线区和生态服务功能重要性保护红线区的边界线的方法。

贵安新区生态环境面临的主要问题是土壤保持、水源涵养、生物多样性保护能力的降低以及石漠化的发展, 主要的生态保护任务是水土流失和石漠化治理, 增强区域土壤保持能力, 提高森林覆盖率和生物多样性维护能力。本文从土壤保持功能、水源涵养功能、生物多样性保护功能三个方面对新区的生态服务功能重要性进行定量评价, 同时从水土流失敏感性、石漠化敏感性两方面对新区生态环境敏感性、脆弱性进行定性评价, 为划定新区生态保护功能红线提供科学基础。

**收稿日期:** 2016 - 03 - 23 ; **修回日期:** 2016 - 04 - 18

\* **基金项目:** 贵州省科学技术基金项目“不同等级石漠化小流域治理模式‘3S’优化决策与监测”[黔科合 J 字(2007)2164]; 贵州省科技计划项目“喀斯特山区低碳乡村旅游示范区建设关键技术与示范”[黔科合 SY 字(2012)3058]; 贵州省林业厅青年科技人才培养对象专项基金项目“贵州南部按树林净生产力及碳储量研究”[黔林科合 J 字(2013)6号]。

**作者简介:** 王洪波(1988-), 男, 河北保定人, 在读硕士, 研究方向: 景观生态学。

**通讯作者:** 兰安军(1974-), 男, 贵州贵阳人, 副教授, 从事遥感与生态地理信息研究工作。

## 1 数据准备及预处理

数据预处理包括 ALOS 影像数据的增强、校正等预处理，水文地质图、岩性图和土壤图等图件的几何校正以及矢量化。研究中用到的数据详见表 1。

表 1 数据名称及来源  
Tab. 1 The name and source of data

数据类别	数据名称	数据来源
图文资料	水文地质图、岩性图、土壤图	—
影像数据	2012 年 ALOS 卫星影像	—
气象数据	降水量、气温、相对湿度、 气压、风速、蒸发量、 太阳辐射量、土壤热通量	中科院地理所
其他数据	生态系统净初级生产力值 $NPP$ DEM	全国生态 10 年(2000-2010) 变化遥感调查与评估贵州 专题项目的数据 分辨率 10 m

## 2 技术路线

利用 ArcGIS，对收集到的水文地质图、岩性图、土壤图等基础栅格数据数字化处理，建立各专题基础数据库，通过遥感影像解译，获得土地利用图、植被类型图，进而求得植被覆盖因子，根据 10 m DEM 数据，求得区域内地形坡度、地形起伏度以及海拔参数等因子，根据区域内降水量、气温、相对湿度、气压、风速、蒸发量、太阳辐射量、土壤热通量等气候因子，获得平均年降水量、蒸散量、平均气温、降水侵蚀力值等因子。通过对各因子叠加分析，得到土壤保持功能、水源涵养功能、生物多样性功能重要性分布图、水土流失、石漠化敏感性分布图，把生态服务功能重要性为极重要区域和生态环境敏感性、脆弱性为极敏感区域划为生态红线区，在综合分析总体规划区和禁止开发区的基础上，划定生态红线，详见图 1。

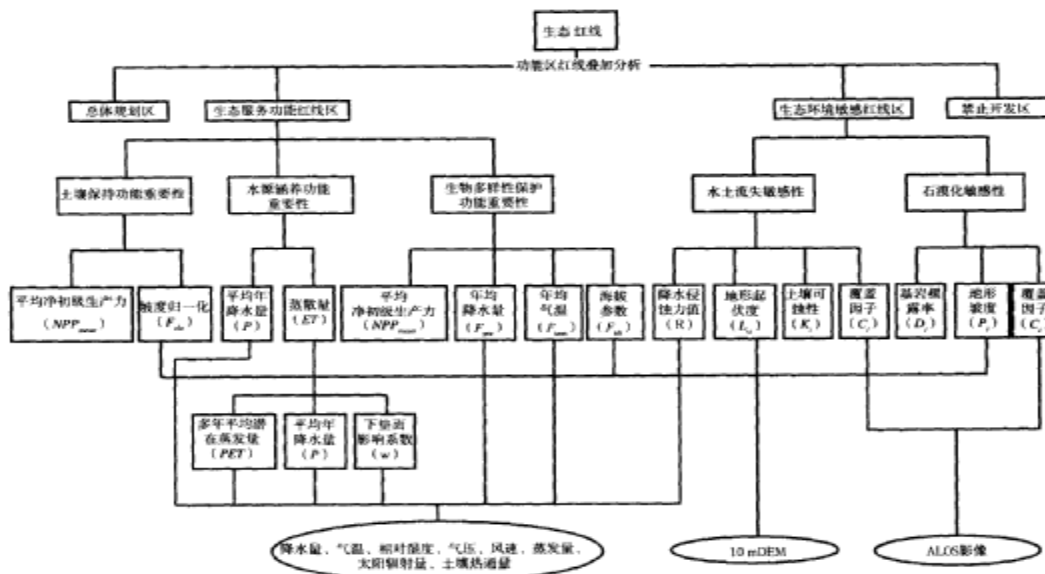


图 1 技术路线图

### 3 数据分析

#### 3.1 生态服务功能重要性评价

##### 3.1.1 土壤保持功能重要性评价

$$S_{pro} = NPP_{mean} \times (1 - F_{sla}) \quad (1)$$

式中： $S_{pro}$ 为土壤保持服务； $NPP_{mean}$ 为评价区域多年生态系统净初级生产力平均值； $F_{sla}$ 为根据坡度栅格图最大最小值法归一化到 0 - 1 之间的取值。

##### 3.1.2 水源涵养功能重要性评价

采用基于降水和蒸散的水量分解模型法

$$WY = P - ET$$

$$ET = \frac{P \left( 1 + \omega \frac{PET}{P} \right)}{1 + \omega \frac{PET}{P} + \left( \frac{PET}{P} \right)^{-1}} \quad (2)$$

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (3)$$

式中 WY 为地表总产水量，作为水源涵养服务能力的代用指标。P 为多年平均年降水量，ET 为蒸散量，PET 为多年平均潜在蒸发量， $\omega$  为下垫面（土地覆盖）影响系数，依据土地利用类型取值，详见表 2。

表 2 水源涵养功能重要性评价参数  $\omega$  取值

Tab. 2 The values of parameter  $\omega$

土地利用类型	耕地	高覆盖林地	低覆盖林地	灌丛	草地	人工用地	其他
$\omega$ 取值	0.5	2	1	1	0.5	0.1	0.1

多年平均降水量尸值采用全省 19 个气象点 1951 - 2010 年间平均逐月降水量, 经过统计整理, 在 Arc GIS 空间分析模块, 运用空间克里金法 (Kriging) 插值计算, 得到 10 mx10m 多年平均降水量分布图。

多年潜在蒸发量的计算同样采用全省 19 个气象点 1951 - 2010 年间平均气温、相对湿度、气压、风速、土壤热通量等气象数据, 按照式 (3) 计算求得 19 个气象点多年平均潜在蒸发量, 在 ArcGIS 空间分析模块, 运用空间克里金法 (Krising) 插值计算, 得到 10 mx10m 多年平均潜在蒸发量分布图。

### 3.1.3 生物多样性保护功能重要性评价

采用基于生境多样性的方法进行评价:

$$S_{bio} = NPP_{mean} \times F_{pre} \times F_{tem} \times (1 - F_{alt}) \quad (4)$$

$F_{pre}$  参数与水源涵养功能重要性评价中平均降水量尸值分布规律相同。

气温参数  $F_{tem}$ 。采用全省 19 个气象点 1951 - 2010 年间气温数据, 经过整理, 在 Arc GIS 空间分析模块, 运用空间克里金法 (Krising) 插值计算, 将结果归一化到 0 - 1 之间, 得到 10 m x 10m 多年平均气温归一化分布图。

海拔参数  $F_{alt}$ , 根据 DEM 数据归一化处理得到。

### 3.2 生态环境敏感性、脆弱性评价

#### 3.2.1 水土流失敏感性评价

根据土壤侵蚀发生的动力条件, 选取降水侵蚀力、土壤可蚀性、地形起伏度和地表植被盖度等为评价指标, 并根据研究区的实际对分级评价标准作相应的调整。

将反映各因素对水土流失敏感性的单因子分布图, 用地理信息系统进行乘积运算, 公式如下:

$$SS_j = \sqrt[4]{R_i \times K_i \times LS_i \times C_i} \quad (5)$$

不同评价因子对应的敏感性等级值详见表 3。

**表 3 水土流失敏感性的评价指标及分级赋值**  
**Tab. 3 The index and classification of debris flow sensitivity evaluation**

因素	降雨侵蚀力	土壤可蚀性	地形起伏度	植被覆盖	分级赋值
不敏感	<25	石砾、沙	0-20	≥0.8	1
轻度敏感	25-100	粗砂土、细砂土、粘土	20-50	0.6~0.8	3
中度敏感	100-400	面砂土、壤土	51-100	0.4~0.6	5
高度敏感	400-600	砂壤土、粉粘土、壤粘土	101-300	0.2~0.4	7
极敏感	>600	砂粉土、粉土	>300	≤0.2	9

$R_i$ —降水侵蚀力值收集到 1981 年至 2010 年贵州省各气象站的多年平均逐日降雨量，根据计算模型得到各气象点  $R$  值，采用内插法，用 ArcGIS 绘制  $R$  值分布图。然后根据表 3 中的分级标准，在 Arc GIS 支持下，绘制土壤侵蚀对降水的敏感性分布图。

$L_{Si}$ 、一地形起伏度

根据 10m 的 DEM，在 ArcGIS 平台下利用邻域分析工具计算最大高程值和最小高程值，接着做差值运算，在 Arc GIS 支持下，根据表 3 中的分级标准，绘制土壤侵蚀对地形的敏感性分布图。

$K_i$ —土壤可蚀性

土壤侵蚀的影响因子主要是土壤质地。土壤可蚀性因子  $K$  可用雷诺图表示。通过比较土壤质地雷诺图和  $K$  因子雷诺图，将土壤质地对土壤侵蚀敏感性的影响分为 5 级。在 Arc GIS 支持下，绘制土壤侵蚀对土壤的敏感性分布图。

$C_i$ —覆盖因子

$$C = (NDVI - NDVI_{SOIL}) / (NDVI_{VEG} - NDVI_{SOIL}) \quad (6)$$

地表覆盖因子与植被的分布关系密切，运用 AIOS 影像提取归一化植被指数  $NDVI$  值，按照公式 (6) 计算植被覆盖度。在 Arc GIS 支持下，根据表 3 中的分级标准，绘制土壤侵蚀对植被的敏感性分布图。

### 3.2.2 石漠化敏感性评价

石漠化敏感性主要取决于基岩裸露率、地形坡度、植被覆盖度 3 个因子。公式为：

$$S_i = \sqrt[3]{D_i \times P_i \times C_i} \quad (7)$$

各因子的敏感性等级赋值详见表 4。

**表 4 土地石漠化敏感性评价指标及分级**

**Tab. 4 The index and classification of rocky desertification sensitivity evaluation**

指标	基岩裸露率	地形坡度	植被覆盖度	分级赋值
不敏感	≤10 %	≤5°	≥0.8	1
轻度敏感	10~30 %	5°~8°	0.6~0.8	3
中度敏感	30~50 %	8°~15°	0.4~0.6	5
高度敏感	50~70 %	15°~25°	0.2~0.4	7
极敏感	≥70 %	≥25°	≤0.2	9

$D_i$ —基岩裸露率

将获取的碳酸盐出露地表面积比例图配准后进行矢量化，在 ArcGIS 支持下，根据表 4 中的分级标准，得到石漠化对基岩裸露率敏感性分布图。

$P_i$ —地形坡度

根据 10m 的 DEM 提取坡度信息，并按照表 4 的分级标准进行分级赋值，得到石漠化对坡度敏感性分布图。

$C_i$ —植被覆盖度

处理方法同水土流失敏感性评价植被覆盖度因子的计算。

## 4 生态红线划定结果

### 4.1 生态服务功能区重要性和生态环境敏感性、脆弱性分级

将土壤保持功能、水源涵养功能、生物多样性保护三项重要性评价结果叠加，得到生态系统服务总值，按重要性由低到高依次划分为 5 个重要性级别，即一般重要、较重要、中等重要、高度重要、极重要。将水土流失敏感性、石漠化敏感性评价结果叠加，同时考虑区域内马场河、红枫湖水库等重点河湖最小保护宽度，将生态环境敏感性、脆弱性评价结果分为 5 级，即不敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感和极敏感，详见图 2。

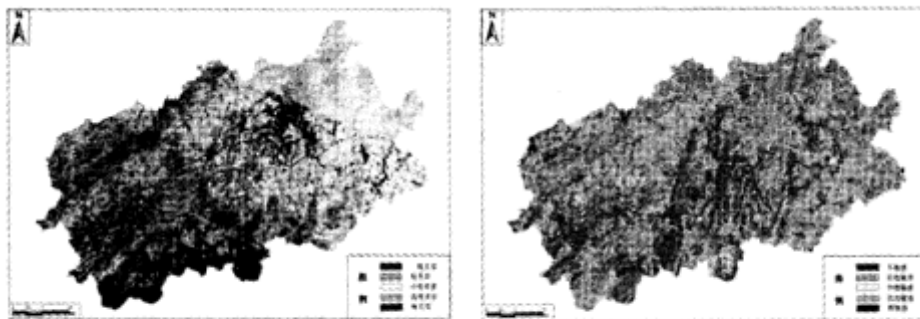


图 2 左图:生态服务功能重要性分布图,  
右图:生态环境敏感性、脆弱性分布图

### 4.2 红线划定

将生态服务功能重要性评价结果为极重要小班和生态环境敏感性、脆弱性评价结果为极敏感小班的区域分别确定为区域生态服务功能红线区和生态环境敏感红线区，详见图 3。

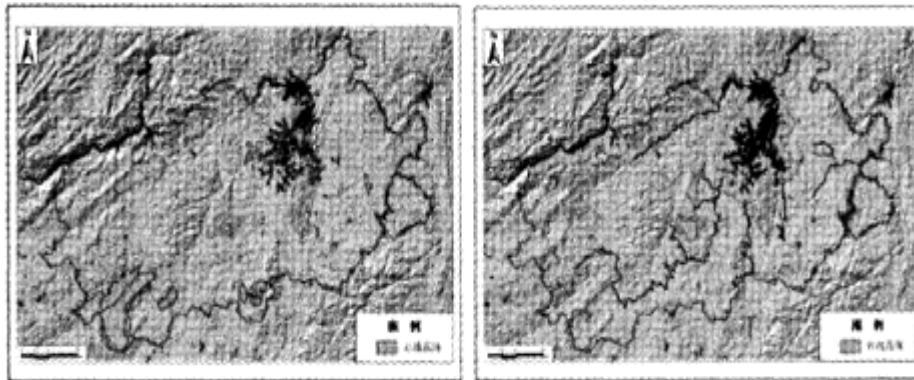


图3 左图:生态服务功能红线区,右图:生态环境敏感红线区

将区域总体规划区、禁止开发区、生态服务功能红线区和生态环境敏感红线区叠加,综合分析,最终划定项目区域红线区,详见图4。



图4 贵安新区总红线分布图

## 5 结论与分析

经过计算与叠加分析,贵安新区生态红线区域总面积 584.95 km<sup>2</sup>, 占贵安新区土地总面积 ( 1 595 km<sup>2</sup>) 的 30.87%, 详见表5。

表 5 各类生态红线命名与面积分布表

Tab. 5 The name and area distribution table of each kind of ecological red-line area

类型	名称	面积 / km <sup>2</sup>	比例 / %
贵安新区土地总面积		1895.00	—
红线总面积		584.95	30.87
生态功能区红线	生态服务功能红线区	146.57	7.73
生态敏感区红线	生态环境敏感红线区	283.74	14.97
	禁止开发区红线合计	452.11	23.86
禁止开发区红线	重要水源保护区	219.20	11.57
	风景名胜区	320.13	16.89
	森林公园	69.90	3.69

1) 贵安新区生态系统服务功能重要性主要受到植被覆盖度和降水量的影响, 重要性等级呈西高东低之势, 其中, 重要性等级最高值大部分分布在区域西北部, 最低值大部分分布在区域东南部。

2) 贵安新区生态环境敏感性等级分布主要受到区域内基岩裸露率、坡度和植被覆盖度的影响, 尤其受基岩裸露率的影响最大。

多分布在重要水源保护区、风景名胜区、森林公园等敏感区域、石漠化程度严重区域以及植被覆盖率较高的区域, 其中红枫湖片区是集风景名胜区、重要水源保护区以及生态服务功能为一体的集中连片的典型区域, 红线划定符合区域实际情况。

4) 贵安新区红线划定并非一劳永逸, 在确定了红线范围之后, 执行力也是非常重要的。在实际操作中, 重要水源保护区与风景名胜区等禁止开发区长期以来得到了认可, 红线作用能够得到相应保障, 生态服务功能红线区和生态环境敏感区的红线划定, 因为没有既成的意识形态, 可能在经济社会发展中被忽略或不予重视, 导致红线作用受限, 应切实保障红线划定起到实际作用, 同时, 在生态环境敏感区内, 应通过植树造林、退耕还林还草等工程, 积极促进生态环境的改善, 促成生态环境保护与经济社会发展形成良性循环。

参考文献:

[1] HESS GR, FISCHER R A. Comomunicating clearly about conservation corridors [J]. Landscape and Urban Planning, 2001 ( 55 ) 195 — 208 .

[2] BEA 竹 Y T. Green urbanism learning from European Cities [ M ] . Washington : IslandPress , 2000 : 32 — 33 .

[3] MANDER UE , JANONAEGI K LM • Network of Compen - sative areas as an ecological infrastructure of territories

---

[ C ] . Pad - erborn : Ferdinand Schoningh , 1 998 : 35 — 38 .

[4] SELM A J . Ecological infrastructures conceptual framewo - rk for designing habitat works [C]. Paderborn : Ferdinand Schon - ingh , 1 988 .

[5] 符娜, 李晓兵. 土地利用规划的生态红线区划分方法研究初探[C]. 中国地理学会 2007 年学术年会论文摘要集, 2007 .

[6] 符娜. 土地利用规划的生态红线区划分方法研究一以云南省为例[ D ]. 北京: 北京师范大学, 2008 .

[7] 冯文利. 生态安全条件下的土地利用规划研究一区域生态红线区的引人与土地资源管理[C]. 中国土地学会学术年会, 2007 .

[8] 范学忠, 李玉辉, 角媛梅. 对昆明市生态红线区非生态用地转变前后生态效益分析[ J]. 水土保持研究, 2008 , 15(4) : 179 — 183 .

[9] 左志莉. 基于生态红线区划分的土地利用布局研究 — 以广西贵港市为例[ D ]. 南宁: 广西师范学院, 2010 .

[10] 王荣. 基于生态控制线土地利用动态监测及优化研究 — 以深圳市宝安区为例[ D ]. 武汉: 华中师范大学, 2012 .

[11] 许妍, 梁斌, 鲍晨光, 等. 渤海生态红线划定的指标体系与技术方法研究 [J] . 海洋通报, 2013 , 32 ( 4 ) : 361 — 367 .

[12] 冯宇. 呼伦贝尔草原生态红线区划定的方法研究[ D ] . 北京: 中国环境科学研究院, 2013 .