

文章编号:1001-4810(2013)04-0447-06

基于RS和GIS技术的乌江流域 生态环境质量现状诊断

易武英¹, 苏维词^{1,2}

(1. 贵州省科学院山地资源研究所, 贵州 贵阳 550001; 2. 重庆师范大学地理与旅游学院, 重庆 400047)

摘 要: 乌江位于云贵高原斜面上, 是长江上游南岸最大的支流, 地质地貌独特, 岩溶地貌广泛发育, 由于长期不合理大规模开发利用活动, 水土流失严重, 石漠化问题突出, 生态质量受到重大威胁。本文以乌江流域(位于贵州省境内)41个地区为研究区, 以2010年TM遥感影像为主要数据源, 运用RS和GIS技术获取景观格局信息, 构建乌江流域生态环境质量评价指标体系, 采用熵权法与GIS图形叠置法相结合, 对研究区生态环境质量状况进行评价, 在此基础上, 运用系统聚类法划分生态环境质量类型, 将乌江流域生态环境质量划分为良好(I)、较好(II)、一般(III)、较差(IV)4个级别。结果显示: 乌江流域生态环境质量属于良好、较好、一般、较差的面积分别为7 710.8 km²、26 208.3 km²、15 704.3 km²、16 106.1 km², 所占比重分别为11.7%、39.9%、23.9%、24.5%。总体上, 流域的西北、西南地区生态环境质量较差, 而流域的东北地区生态环境质量较好, 不同县区生态环境质量差异显著。

关键词: 生态环境; 质量评价; GIS; 熵权法; 聚类划分; 乌江流域; 贵州

中图分类号: S181

文献标识码: A

0 引 言

生态环境质量是经济社会发展的基础, 是可持续发展潜力和人居环境质量的重要指标。目前关于生态环境质量评价的研究较多, 归纳起来主要包括以下几个方面, 生态环境质量概念的界定^[1-3]; 生态环境质量理论研究; 典型区、脆弱区或关键区生态环境质量评价研究; 生态环境质量退化机制研究; 生态环境质量调控对策研究等方面。

生态环境质量现状诊断目标在于摸清生态系统现状, 为生态规划、生态经济规划、生态修复及生态建设提供重要依据。目前不少学者对生态环境质量进行了研究, 取得不少的研究成果。夏军探讨了如何科学合理地构建生态环境质量评价指标体系^[4]; 刘鲁君

等探究了生态环境质量与人类生存及社会经济持续发展适宜程度相关性^[5]; 国庆喜等运用景观生态学理论对自然保护区生态环境质量进行了研究^[6], 但目前对于乌江流域生态环境质量现状诊断研究的报道不多。

乌江流域是西南地区重要经济中心, 人口密度大, 经济社会发展水平不高, 工业化、城镇化加速发展, 使流域生态环境形势日益严峻。本文基于RS和GIS技术手段, 提取研究区景观格局信息, 选取能较好反映生态环境质量状况核心指标, 构建生态环境质量评价指标体系, 对贵州省境内乌江流域不同县市区的生态环境质量状况进行评价, 在此基础上, 运用系统聚类分析法对研究区进行生态区划, 以期为流域环境保护、生态建设提供参考资料。

基金项目: 国家自然科学基金(41261038)、国家十二五科技支撑计划(2011BAC09B01)及贵州省重大科技专项(黔科合重大专项字[2012]6015号)

第一作者简介: 易武英(1987—), 女, 硕士, 主要从事区域生态环境与可持续发展研究。E-mail: yiwuyingsy@163.com。

通讯作者: 苏维词(1965—), 男, 研究员, 主要研究领域: 生态环境与可持续发展。

收稿日期: 2013-09-24

1 研究区概况

乌江位于 104°10′~109°12′E,25°26′~30°22′N,属于长江一级干流,呈羽状水系,较大支流有三岔河、六冲河、猫跳河、湘江、清水江、洪渡河、芙蓉江等。地势由西南向东北倾斜,东西向高差大,地貌类型以山地、丘陵为主,喀斯特地貌广泛发育,水土流失严重,石漠化问题突出。乌江流域属于亚热带湿润季风气候区,气候温和,雨量充沛,年平均气温为 13~18℃,年平均降水量 1 100 mm 左右。

乌江流域(位于贵州省境内)是典型喀斯特地区,生态环境极为脆弱;同时又是国家发改委确定的全国 18 个国土资源重点综合开发区之一,水电资源及矿产资源丰富。到 2011 年为止,乌江流域主干流上已修建洪家渡、乌江渡、索风营、构皮滩、思林、沙沱、东风 7 座大型水电站,水电资源的开发为经济社会发展提供清洁能源,但对流域陆地生态系统和水域生态系统将产生重要影响。

2 研究方法

目前生态质量评价主要研究方法有层次分析法^[7]、综合指数法^[8]、投影寻踪法^[9]、专家评价法^[10]、模糊评价法^[11]、景观生态法^[12]等。本文基于 RS 与 GIS 技术手段,结合景观生态理论,构建生态环境质量评价指标体系,将熵权法与 GIS 空间叠加相结合,对乌江流域 41 个地区(市、县、区)进行生态环境质量

现状诊断研究。

2.1 数据来源及数据处理

本文以乌江流域 2010 年 TM 遥感影像为主要数据源,空间分辨率为 30×30 m,在 Erdas 中进行遥感影像的校正、融合、拼接、裁剪及格式的转换等处理;在 Arcview 进行遥感影像解译,提取乌江流域位于贵州省境内的 41 个区县土地利用信息;运用 Fragstats 软件计算核心景观指数。结合研究区区域特征,本文将流域土地利用划分为有林地、灌木林、水田、旱地、水域、居民用地、城镇用地、未利用地 7 种类型。本文采用分层分类目视判读法提取研究区土地利用景观格局信息。在此基础上,利用 ERDAS 软件的精度评价功能(Accuracy Assessment),以随机抽样的方法选取 500 个以上地面检查点,对影像的分类结果进行精度检验,结果表明本解译总精度大于 80 %,Kappa 指数大于 0.78。

2.2 生态环境质量评价指标体系构建

评价指标体系构建的科学性与否,直接影响到评价结果的准确性、可靠性,本文遵循科学性,合理性,实用性原则,从生态质量背景,生态活力及人类干扰度 3 个方面构建生态环境质量评价指标体系,选取 9 个典型评价指标(如图 1)。用地表起伏度、平均海拔高度、平均坡度 3 个评价指标描述流域生态质量背景状况,地表起伏度表征地表起伏的程度和变化频率的指标,对区域生产、生活、基础设施建设具有重要的影响^[13];海拔高度与坡度与水土流失、石漠化有密切联系。

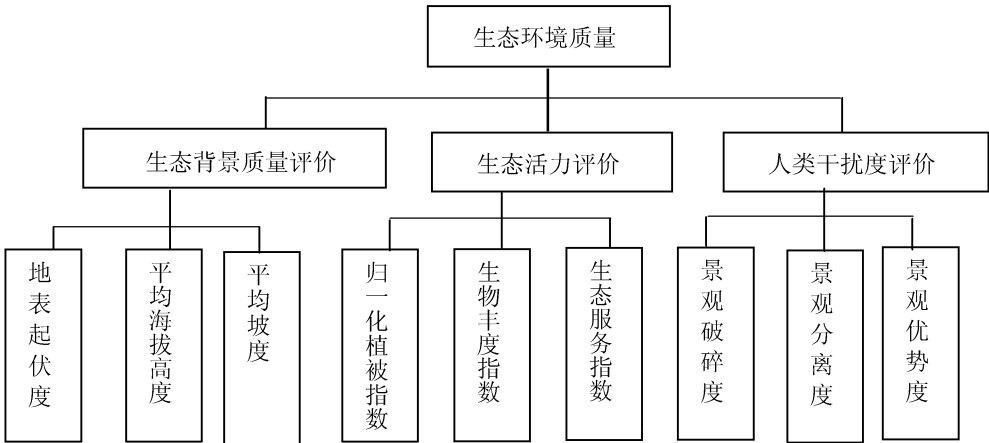


图 1 乌江流域生态质量评价指标体系

Fig. 1 Evaluation index system of the ecological quality in the Wujiang river watershed

生态活力表征生态系统健康程度指标,本文采用植被归一化指数、生物丰度指数及生态服务指数表征生态活力的强弱。植被归一化指数利用遥感影像数

据,通过波段的数学运算获得。生物丰度指数=生物丰度归一化系数×(0.5×森林面积+0.3×水域面积+0.15×草地面积+0.05×其他地类面积)/区域面

积。其中,生物归一化系数=100/最大值(研究区生物丰度的最大值)^[14]。生态服务指数是描述某类生态系统服务功能强弱程度,本文将土地利用类型与生态服务功能相结合,对各地类进行分级赋值,以表示其生态服务功能程度。按以下规定:林地 为 5,草地 为 4,水域 为 3,耕地 为 2,未利用地 为 1,建设用地 为 0,生态服务指数计算公式如下所示:

$$ESV = \sum_{i=1}^n A_i \times V_i$$

(1)

式中:ESV 为生态服务功能指数; j ; A_i 为土地利用类型 i 的面积; V_i 为土地利用类型 i 的生态服务功能分级指数; n 为地类数量。

从景观视角,目前已有不少学者、专家选取与干扰密切相关的景观破碎度(C_i)、景观分离度(S_i)、景观优势度(D_i)来衡量人类对生态环境的干扰强度,对于景观类型由少变多的情况下,人类干扰度计算公式^[15]如下:

$$U = aC_i + bS_i + cD_i$$

(2)

式中: U 为人类干扰度; a 、 b 、 c 分别为景观破碎度、景观分离度、景观优势度的权重。

2.3 指标权重的确定

目前权重确定方法主要有主观法、客观法及主客观相结合的综合权重确定方法,主观法主要有经验法;客观法主要有因子法、信息熵法、独立权数法;主客观相结合法主要有层次分析法、RSR 权数法。本文运用客观赋值权重法中的信息熵来确定评价指标的权重,其能有效克服权重确定的主观性,操作简单,目前应用最为广泛^[16]。

2.3.1 构造判断矩阵

构造由 m 个样本, n 个评价指标构成的判断矩阵 R 。

$$R = (X_{ij})_{mn} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, 3 \dots, n)$$

(3)

式中, X_{ij} 为第 j 个评价指标第 i 个样本的评价值。

2.3.2 归一化处理

将判断矩阵 R 进行归一化处理,效益型指标归一化处理:

$$x_{ij}' = \frac{(x_{ij} - \min x_{ij})}{(\max x_{ij} - \min x_{ij})}$$

(4)

成本型指标归一化处理:

$$x_{ij}' = \frac{(\max x_{ij} - x_{ij})}{(\max x_{ij} - \min x_{ij})}$$

(5)

2.3.3 熵的确定

在 m 个评价样本, n 个评价指标中,第 i 个评价指标的熵为:

$$H_i = - \frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij}$$

(6)

$$f_{ij} = \frac{1 + b_{ij}}{\sum_{i=1}^n (1 + b_{ij})} (i = 1, 2, 3, \dots, n; j = 1, 2, 3, \dots, m)$$

(7)

式中: H_i 为第 i 个评价指标的熵; f_{ij} 为第 j 个指标下第 i 个样本的比重。

2.3.4 评价指标权重的确定

根据公式(6)及公式(7)求出第 i 个评价指标的熵后,可得到第 i 个评价指标的权重,即:

$$w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i}$$

其中, $0 \leq w_i \leq 1$; $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。经计算得到各指标的权重情况如表 1 所示。

表 1 乌江流域生态质量评价指标权重

Table 1 Evaluation index weight of the ecological quality in the Wujiang river watershed

目标层	准则层	指标层
生态环境质量	生态背景 (0.361)	地表起伏度(0.101)
		平均海拔高度(0.081)
		平均坡度(0.179)
	生态活力 (0.357)	归一化植被指(0.089)
		生物丰度指数(0.113)
		生态服务指数(0.155)
	人类干扰度 (0.282)	景观破碎度(0.131)
		景观分离度(0.095)
		景观优势度(0.056)

如表 1 所示,平均坡度、生态服务指标、生态丰度指数、景观破碎度、地表起伏度等因子对研究区生态质量影响较大,其权重值均大于 0.1。坡度越大,水土流失潜在威胁越大,在某种意义上,水土流失潜在威胁与坡度呈正相关。生态服务、生态丰度是表征生态质量的重要指标,通常生态服务功能越高、生态丰度指数越大,则生态质量越高。人类对生态系统干扰破坏作用越强,景观破碎度越大。

3 生态环境质量分析

本文采用 GIS 图形叠置法对乌江流域位于贵州省境内的 41 个地区(市、县、区)生态环境质量进行评价。为了消除量纲的影响,首先对研究数据进行归一化处理,再在 ArcGIS 中进行编辑,将各指标标准化

值与利用熵权法求得的指标权重进行加权(如生态质量背景指数,由地表起伏度、平均海拔高度、平均坡度 3 个指标标准化值与指标权重加权取得),借助 GIS 地图代数功能将各指标进行叠加分析(如目标层指标

由准则层指标叠加获得,准则层指标由对应指标层指标叠加获得),从而得到乌江流域各地区(市、县、区)生态质量背景、人类干扰度、生态活力及生态环境质量得分值(表 2)。

表 2 乌江流域各地区(市、县、区)生态环境质量

Table 2 Ecological quality in each region (city, county and district) in the Wujiang river watershed									
区县	生态背景	生态活力	人类干扰度	生态质量	区县	生态背景	生态活力	干扰度	生态质量
道真	0.134	0.605	0.404	0.378	开阳	0.260	0.517	0.675	0.469
赫章	0.130	0.349	0.509	0.315	施秉	0.158	0.609	0.451	0.402
务川	0.124	0.672	0.353	0.384	黔西	0.352	0.328	0.589	0.410
桐梓	0.229	0.545	0.444	0.403	息烽	0.318	0.291	0.586	0.384
正安	0.167	0.471	0.576	0.391	黄平	0.234	0.335	0.533	0.355
德江	0.222	0.522	0.592	0.434	修文	0.323	0.130	0.528	0.312
松桃	0.179	0.373	0.576	0.360	纳雍	0.110	0.385	0.512	0.322
织金	0.115	0.468	0.462	0.339	普定	0.226	0.258	0.533	0.324
印江	0.117	0.488	0.595	0.385	绥阳	0.206	0.401	0.551	0.373
凤冈	0.329	0.423	0.622	0.445	清镇	0.358	0.173	0.537	0.343
湄潭	0.323	0.517	0.439	0.425	水城	0.150	0.434	0.538	0.361
思南	0.274	0.236	0.641	0.364	龙里	0.232	0.349	0.498	0.349
遵义	0.310	0.329	0.618	0.403	贵定	0.170	0.444	0.556	0.377
毕节	0.195	0.226	0.634	0.330	平坝	0.419	0.213	0.283	0.307
石阡	0.203	0.547	0.400	0.381	贵阳	0.410	0.648	0.458	0.508
金沙	0.267	0.174	0.572	0.320	六枝	0.183	0.550	0.541	0.415
余庆	0.264	0.454	0.453	0.385	福泉	0.283	0.459	0.488	0.404
大方	0.238	0.305	0.600	0.364	西秀	0.419	0.123	0.449	0.322
瓮安	0.276	0.321	0.590	0.381	镇宁	0.156	0.361	0.422	0.304
沿河	0.122	0.454	0.540	0.359	关岭	0.116	0.165	0.379	0.208
威宁	0.203	0.302	0.370	0.286					

本文在对乌江流域生态环境质量评价的基础上,运用系统聚类法,进行生态环境质量类型划分,划分结果如表 3 所示,乌江流域生态质量状态良好的面积为 7 710.8 km²,所占比重为 11.7 %;生态环境质量较好的面积为 26 208.3 km²,所占比重为 39.9 %;

生态环境质量一般的面积为 15 704.3 km²,所占比重为 23.9 %;生态环境质量较差的面积为 16 106.1 km²,所占比重为 24.5 %,总体上,乌江流域的西部地区生态环境质量较差,东部地区生态环境质量较好。

表 3 乌江流域各地区(市、县、区)生态环境质量分级

Table 3 Ecological quality grades in each region (city, county and district) in the Wujiang river watershed			
生态质量 分级	生态环境 质量得分	生态环境 质量状态	市、区、县名称
I	>0.42	良好	开阳、凤冈、湄潭、德江、贵阳
II	0.37~0.42	较好	正安、绥阳、贵定、道真、瓮安、石阡、息烽、余庆、印江、务川、六枝、黔西、施秉、桐梓、福泉、遵义
III	0.33~0.37	一般	龙里、黄平、沿河、水城、松桃、大方、思南、清镇、织金
IV	0.20~0.33	较差	威宁、赫章、关岭、修文、镇宁、平坝、毕节、普定、金沙、西秀、纳雍

由图 2 所示,流域的东北地区,如开阳、凤冈、湄潭、德江等生态环境质量最好,地貌复杂,生境多样,生物多样性丰富,其中开阳县有药用植物资源 185 科 501 属 795 种;流域的北部地区,如正安、绥阳、道真、桐梓、遵义等地区生态环境质量较好,生态环境质量分析属于Ⅱ级别,水土资源协调度高,森林植被覆盖好,人类干扰作用未超出生态环境承载范围;流域的西北、西南地区生态环境质量背景较差,大部分区县生态环境质量为Ⅲ或Ⅳ级,山多坡陡,生态本底脆弱,石漠化与潜在石漠化面积占 30 % 以上,生态承载力低,如毕节试验区 2008 年人均生态承载力为 0.86 hm²,低于全国平均水平,人均生态赤字约 1.85 hm²,人口压力大。道真县、务川县生态活力最强,其

次是桐梓县、德江县、印江县、湄潭县等区县,上述地区植被覆盖率高,生态丰度指数大,生态服务功能完善,总体上,流域东部地区生态活力高于西部地区及中部地区。在乌江流域受人类干扰程度较大的地区有两类,一是经济发达、人口密集地区,这些地区工业化、城镇化发展给生态环境施加巨大压力,如贵阳、平坝等地区;二是经济发展落后、人口集聚地区,这些地区,2010 年人均 GDP 多在 1 万元以下,农业人口比重高,占总人口 60 % 以上,长期不合理大规模开发利用,导致植被破碎、水土流失、石漠化等生态环境问题突出,人地矛盾加剧,如威宁、赫章、毕节等地区,农业发展仍停留在高投入、高消耗、低产出的传统阶段,环境成本大,经济效率低。

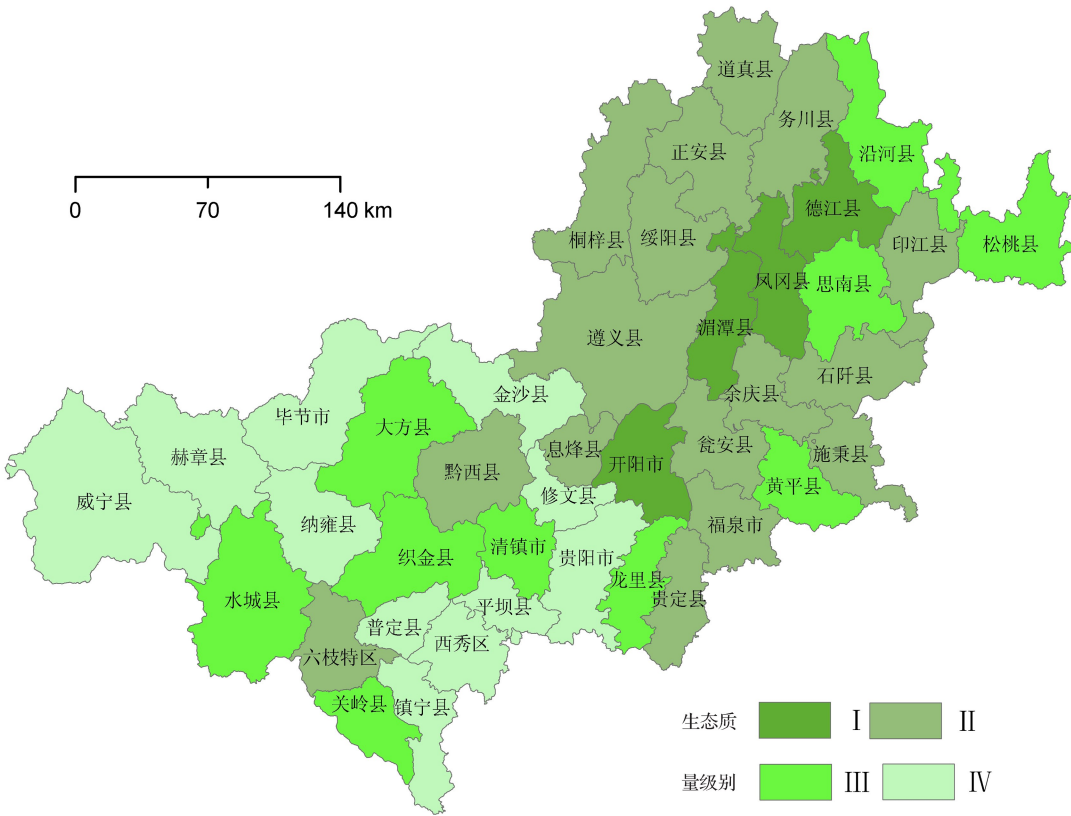


图 2 2010 年乌江流域各区县生态环境质量

Fig. 2 Ecological quality in each region in the Wujiang river watershed in 2010

4 结论与讨论

本文运用 GIS 图形叠置法,对乌江流域 41 个地区(市、县、区)生态环境质量现状进行了诊断分析,在此基础上,分析子流域生态环境质量空间格局特征。结果显示:总体上,乌江流域的西部地区生态环境质量较差,由于自然条件较差,人类干扰破碎作用大,土地垦殖率高,森林植被覆盖率低,水土流失严重,石漠

化问题突出;东部地区生态环境质量较好。乌江流域生态环境现状是自然系统、经济系统、社会系统长期作用的结果。人类活动是导致生态质量变化的最根本原因,生态退化、生态灾难是生态环境质量恶化的极端表现。本文通过景观破碎度、景观优势度及景观分离度计算人类干扰度,但景观破碎度不完全适用于岩溶石漠化生态环境质量评价,只适合于景观类型由少变多的情况,对于景观类型由多变少则不适用,在

今后研究中还需进一步完善。

参考文献

[1] 徐燕,周华荣. 初论我国生态环境质量评价研究进展[J]. 干旱区地理,2003,26(2):166—172.

[2] 叶文虎,栾胜基. 环境质量评价学[M]. 高等教育出版社,1994.

[3] 李晓秀. 北京山区生态环境质量评价体系初探三[J]. 自然资源,1997(5):31—35.

[4] 夏军. 区域水环境及生态环境质量评价:多级关联评估理论与应用[M]. 武汉水利电力大学出版社,1999.

[5] 刘鲁君,叶亚平. 县域生态环境质量考评方法研究[J]. 环境监测管理与技术,2000,12(004):13—17.

[6] 国庆喜,王天明. 丰林自然保护区景观生态评价:量化与解释[J]. 应用生态学报,2005,16(5):825—832.

[7] 刘哲,张江山,许丽忠,等. 山仔水库周边乡镇生态质量未知测度评价[J]. 环境科学与技术,2006(29):56—58.

[8] 陈丽华,武建宁,马生全. 甘南州生态质量状况及评价体系的构建[J]. 西北民族大学学报(自然科学版),2006(27):24—26.

[9] 段沛霞,倪长健. 生态质量综合评价的投影寻踪动态聚类方法[J]. 环境研究与监测,2007(1):3—5.

[10] 杨光华,包安明,陈曦. 新疆博斯腾湖湿地生态质量的定量评价[J]. 干旱区资源与环境,2009(2):119—124.

[11] 李丽纯,潘卫华,陈家金,等. 福建省 2007—2010 年年度生态质量气象评价及其时空分布特征[J]. 中国农业气象 2011,32(增 1):55—58.

[12] 吴秀芹,蔡运龙,蒙古军. 塔里木河下游典型区景观生态质量评价[J]. 干旱区资源与环境,2003(2):12—17.

[13] 苏维词,张贵平. 地表起伏对区域发展成本影响浅析——以贵州为例[J]. 经济研究导刊,2012(6):144—156.

[14] 张艳,张志南,黄勇,等. 南黄海冬季小型底栖生物丰度和生物量[J]. 应用生态学报,2007,18(2):411—419.

[15] 陈利顶,傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析[J]. 生态学报,1996,16(4):337—344.

[16] 程启月. 评测指标权重确定的结构熵权法[J]. 系统工程理论与实践,2010(7):1225—1228.

Diagnosis of eco-environment quality in Wujiang River watershed based on RS and GIS

YI Wu-ying¹, SU Wei-ci^{1,2}

(1. Guizhou Academy of Sciences of Mountainous Resources Research Institute, Guiyang, Guizhou 550001, China;
2. Geographic Science School of Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract: The Wujiang river watershed lies on the Yunnan-Guizhou plateau slope, is the largest branch of the south bank of the upper Yangtze River, has unique geology and geomorphology and widely developed karst landform. Owing to long-term irrational exploitation and utilization on a large scale, the river watershed is confronted with serious soil and water loss and outstanding desertification problems. By using the TM images of the Wujiang river watershed in 2010 as the main information source, the paper, takes 41 regions (cities, counties and districts) in the Wujiang river watershed (in Guizhou province) as study area, extracts land use information and landscape pattern indexes based on RS and GIS, constructs the evaluation index system of the ecological quality in the Wujiang river watershed, determines the index weight by entropy method, combines with GIS graphic overlay method, evaluates the ecological environment quality situation of the 41 regions. Based on the above works, the ecological quality in the Wujiang river watershed divided into four levels: good(Ⅰ), relatively good(Ⅱ), general(Ⅲ) and poor(Ⅳ). The research result shows that the area of good, relatively good, general and poor ecological environment quality in the Wujiang river watershed in 2010 year is 7 710.8 km², 26 208.3 km², 15 704.3 km² and 16 106.1 km² respectively, and the weight is 11.7 %, 39.9 %, 23.9 % and 24.5 % respectively. On the whole, the ecological environment is of inferior quality in northwest and southwest Wujiang river watershed, but the ecological environment quality is better in the northeast. And the ecological environment quality in different regions has obvious differences.

Key words: ecological environment; quality evaluation; GIS; entropy method; cluster partition; the Wujiang river watershed; Guizhou Province

(编辑 韦复才)