

# 老挝沙湾水经济区生态土地利用评价

袁沫汐<sup>1,2</sup>, 彭玉玲<sup>1,2</sup>, 林爱文<sup>1,2</sup>, 张建东<sup>1,2</sup>, 秦文杰<sup>3</sup>

(1. 武汉大学 资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430079;

2. 教育部 地理信息系统重点实验室, 湖北 武汉 430079; 3. 昆明勘测设计研究院, 云南 昆明 650000)

**摘要:** [目的] 探索老挝沙湾水经济区的生态用地特征, 为土地利用规划提供依据, 并保证在土地合理利用的同时, 保障生态环境的健康发展。[方法] 从景观格局和生态敏感性 2 个方面选取适宜的指标, 并采用变异系数法, 客观确定评价因子权重, 综合评价研究区内生态用地的敏感程度和空间分布。[结果] 极敏感区、高敏感区、中敏感区、低敏感区、不敏感区分别占研究区总面积的 1.42%, 19.36%, 32.85%, 46.01%, 0.36%; 林地景观类型破碎度相对其他景观类型最低, 受人类活动干扰最小; 水域和农用地景观类型破碎度最高, 形状复杂, 受人类活动影响严重; 建设用地景观类型由于研究区自身发展条件的制约, 面积较小, 破碎度相对其他景观类型而言位处于中等水平。[结论] 研究区生态用地可划分为生态用地优先建设区、生态用地次优先建设区、生态用地过渡区和生态用地保育区 4 种生态用地类型。

**关键词:** 生态用地; 生态敏感性; 景观指数分析; 老挝沙湾区

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2017)01-0234-07

**中图分类号:** F129.9

**文献参数:** 袁沫汐, 彭玉玲, 林爱文, 等. 老挝沙湾水经济区生态土地利用评价[J]. 水土保持通报, 2017, 37(1):234-240. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.01.042; Yuan Moxi, Peng Yuling, Lin Aiwen, et al. Evaluation on Ecological land use in Savan water economic zones of Laos[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(1):234-240. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.01.042

## Evaluation on Ecological Land Use in Savan Water Economic Zones of Laos

YUAN Moxi<sup>1,2</sup>, PENG Yuling<sup>1,2</sup>, LIN Aiwen<sup>1,2</sup>, ZHANG Jiandong<sup>1,2</sup>, Qin Wenjie<sup>3</sup>

(1. School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan, Hubei 430079, China;

2. The Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education,

Hubei, Wuhan 430079, China; 3. Kunming Engineering Corporation Limited, Kunming, Yunnan 650000, China)

**Abstract:** [Objective] On the basis of the survey on ecological land use status in Savan water economic zone of Laos, the characteristics of ecological land in this research area is explored through the landscape index analysis and ecological sensitivity evaluation to provide the basis for land use planning, to ensure the rational land use and guarantee the healthy development of the ecological environment. [Methods] Appropriate indicators were selected in terms of landscape pattern and ecological sensitivity. Variation coefficient method was used to determine weights of evaluation indices, so as to analyze comprehensively the sensitivity and spatial distribution of ecological land in Savan water economic zone. [Results] The extremely sensitive area, highly sensitive area, medium sensitive area, low sensitive area and not sensitive area accounted for 1.42%, 19.36%, 32.85%, 46.01% and 32.85% respectively. Forest landscape fragmentation was the lowest, with minimal disturbance by human activities. Water and farmland landscape fragmentation were highest and have complex shapes. In addition, the two landscape types were significantly affected by human activities. Construction land area was small and its landscape fragmentation was in medium level due to the restriction of its development condition in the study area. [Conclusion] According to this research, the study area is divided into priority construction zones, secondary construction zones, transition zones, and conservation zones.

收稿日期: 2016-05-09

修回日期: 2016-07-22

资助项目: 国家自然科学基金项目“农业干旱和水文干旱对气象干旱的预警响应模拟研究”(41301586)

第一作者: 袁沫汐(1992—), 女(汉族), 湖南省邵阳市人, 硕士研究生, 研究方向为资源环境与区域可持续发展。E-mail: yuanmoxi@whu.edu.cn。

通讯作者: 林爱文(1963—), 男(汉族), 湖北省黄冈市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事区域发展与土地利用方面的研究。E-mail: aiwenlin@whu.edu.cn。

**Keywords:** ecological land; ecological sensitivity; landscape index analysis; Savan water economic zones of Laos

随着经济的迅猛发展,人类密集的经济社会活动给区域生态环境带来了巨大的压力,尤其在城市扩建过程中,大量具备生态价值的自然生态用地被转变为建设用地,逐渐丧失了其原有的生态价值,致使生态系统服务功能受到削弱乃至损害,生态效益降低,破坏了区域生态平衡,威胁区域生态系统的可持续发展。因此,对城市生态用地的研究也逐渐成为国内外学者热议的焦点<sup>[1-3]</sup>,众多学者以地理学、景观生态学、城市生态学等学科的理论与技术方法为依托,采用学科交叉、定性与定量结合的研究方法与技术手段,探讨城市用地扩张过程中对生态环境以及生态安全的影响。国外城市生态用地空间结构评价的研究和实践开展较多,其评价对象一般分为 2 个层面:一是对城市生态系统起支撑作用的市域生态用地的评价;二是对用于提高居民生活质量的城市内部的公园绿地等系统进行的评价。欧盟 URGE 项目<sup>[4]</sup>以绿色空间的质量、使用功能以及规划为着重点,为城市绿色空间的评价提供了一套系统的方法;美国马里兰州自然资源部<sup>[5]</sup>开发了一套绿色基础设施评价系统,用于确定与评估马里兰州重要的生态区域及各生态区域面临的开发风险强度;国内学者针对城市生态用地空间结构评价进行了探索性研究,研究重点集中在对生态用地的评价及结构量化分析。王世东等<sup>[6]</sup>以辽宁省大洼县为例,在建立基于生态服务功能的生态用地分类体系的基础上,选取合适的生态用地评价指标,采用指数和法对辽宁省大洼县生态用地进行了定量评价;荣冰凌等<sup>[7]</sup>依托 ArcGIS 空间分析和 Fragstats 景观格局分析手段,设计 4 个方面的综合指标体系,对城市绿色空间进行综合评价。李晓丽等<sup>[8]</sup>采取遥感、GIS 和景观格局方法,结合突变级评价模型,对长沙市生态用地现状进行辨识与评价,在不改变生态用地数量的基础上,改变生态用地的分布格局,以优化其生态效能。国内外对生态用地研究主要关注的是自然和人文因素较为富集的地区,同时也是资料较为容易获取或经济较为发达的地区;而对于边境、不发达地区的生态用地研究重视不足,导致地区及国别间生态用地研究不均衡,或形成生态用地空白区,这对于资源数据本地建设及区域综合发展均不利。目前,涉及老挝或东南亚地区生态用地的研究甚少,而在经济发展的过程中,必须考虑对生态用地的保护和合理利用,因此,本文将研究区域瞄准东南亚地区并选取老挝沙湾水经济区作为研究对象,拟借鉴城市规划、景观生态学的相关理论和方法,基于 3S 技术,对当地城市生态用地空间结构进行评价与优化布局研究。

老挝沙湾水经济区是老挝政府 2014 年以来重点投资发展的地区,该区为老挝的地理中心,处于东盟合作经济圈和大湄公河次区域合作经济圈的共同范围之内,同时也是目前中国“一带一路”倡议构想在东南亚的重要合作地区,这使得沙湾水经济区与中国、泰国、越南及柬埔寨等各国之间交流更加密切。目前缺乏针对这一区域开展的生态用地相关研究,因此本文选取沙湾水经济区作为研究区具有一定的代表性。

本文拟根据研究区的自然条件、社会发展状况、土地利用特点以及生态保护要求,将生态敏感性评价方法与景观生态安全理论相结合,以 GIS、RS 为技术支持,摒弃了传统的层次分析法、Delphi 法、因子分析权数等主观确定因子权重的不足之处,采用了变异系数法客观确权。在研究各类生态用地合理配置及区域生态可持续发展的基础上,提出基于生态用地评价的规划和建设目标,以期在促进老挝沙湾水经济区发展的同时,协调当地生态系统,达到人地合一的用地目标。同时按照保护和改善生态环境的原则,促进土地资源的可持续利用,从而为老挝土地利用和生态环境建设提供依据,深化对老挝及东南亚地区土地利用及区域发展的认识。与此同时,相关成果不仅有助于丰富中老地区生态用地研究的基础数据库,而且可为中老两国交流合作,“一带一路”创意构想的建设和发展,以及中国与东南亚区域地缘经济合作提供尽可能详尽的研究基础、数据支持、方法借鉴和实践参考。

## 1 研究区概况

沙湾水经济区位于老挝中部到南部的过渡区域,面积占全国的 16%,人口占全国的 20%。是老挝重要的地理、经济中心和农业经济区。在行政区划上包括甘蒙省和沙湾拿吉省,其中甘蒙省下辖 9 个县,面积 16 315 km<sup>2</sup>,人口约 38 万,首府为他曲;沙湾拿吉省下辖 15 个县,面积 38 073 km<sup>2</sup>,人口约 91 万,首府为沙湾拿吉。该区地广人稀,土地利用率低。

沙湾水经济区地势东高西低,东部老、越边境为长山脉构成的高原,西部为湄公河谷地和湄公河及其支流沿岸的盆地和平原。地貌类型主要包括了甘蒙高原和沙湾拿吉平原;甘蒙高原在中部的甘蒙省境内,平均海拔 1 000 m,多被森林覆盖。沙湾拿吉平原分布在甘蒙以南的湄公河东岸,海拔 100~200 m,地势平坦。研究区属热带季风气候,气温高,全年分为旱季和雨季。区内河流水系主要由西部边界的湄公河及其位于老挝境内的一级支流色邦非河、色邦亨河组成。

## 2 数据来源与处理

研究基础数据主要有土地利用数据和现场调查数据两类。其中,土地利用数据主要来源于老挝政府部门提供的土地利用现状数据(2006年)、地形数据(2006年)和相关规划数据(2006—2015年),中科院地理空间数据云平台提供的研究区2009年DEM数据,以及美国国家航空航天局平台提供的2015年Landsat 8遥感数据;现场调查数据为2015年通过现场踏勘和测试获得的研究区地形条件、区位条件、土地利用条件、植被覆盖条件等现状信息和基础数据。

根据老挝土地法、中国土地法、中国土地利用现状分类标准(GBT 21010-2007),以及世界其他国家(泰国、越南、美国)土地分类标准,将研究区域土地利用类型划分为农业用地、林业用地、建设用地、工业用地、交通用地、文化用地、国防用地、水源地、其他用地共9个大类,其中生态用地评价主要针对农业用地、建设用地、水源地、林业用地4个类型开展;并将矢量数据转换为30 m×30 m的栅格数据,基于ArcGIS 10.2等工作平台进行数据处理与空间分析。

① 运用GIS平台,将研究区2006年土地利用属性数据、空间数据进行数字化处理和分析;② 通过对2015年遥感影像的解译和分析,将研究区土地利用现状更新为2015年;③ 通过对2006和2009年DEM数据的质量分析,选取精度较高、时效性较强的数据,并通过差值计算,剔除数据中的错误点,对数据进行优化处理;④ 通过现场调查,运用全球定位系统、移动测量技术等对土地利用现状数据、地形数据等进行检验和校正,从而得到最新、最优的研究区土地利用现状数据。

## 3 研究方法

### 3.1 景观格局指数分析

景观格局指数是能够高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成和空间配置特征的定量指标<sup>[9-11]</sup>,同时也是景观空间分析的重要方法。它使生态过程与空间格局相互关联的度量成为可能,在景观格局分析与功能评价等领域都具有重要作用<sup>[12]</sup>。根据研究区土地分类特点,将研究区分为农用地、建设用地、水域、林地4种景观类型,详细见表1。以此为研究单元,分析沙湾水经济区的景观生态安全格局和生态功能的可持续发展。将预处理后的数据导入Fragstats 4.2软件中,进行景观指数计算。选取的12个指标<sup>[13-15]</sup>分别为:斑块类型面积(CA)、斑块面积比例(PLAND)、斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、边缘密度(ED)、景观形状指数(LSI)、最大斑块指数(LPI)、

平均斑块面积(AREA\_MN)、散布并列指数(IJI)、聚合度指(AI)、面积加权平均分维数(FRAC-AM)、面积加权平均形状指数(SHAPE-AM),从而对研究区整体景观格局进行分析。

表1 老挝沙湾水经济区土地利用的景观分类

景观类型	土地利用类型
农用地	主要是水田、农作物种植、其他农用地、园地、热带草原、草地
建设用地	主要是城市及建成区
水域	主要是河流、湖泊等水系
林地	主要是林业用地

### 3.2 生态敏感性评价

3.2.1 评价因子选取 生态敏感性评价实质上是对现状自然环境背景下潜在的生态环境问题进行明确的辨识,并将其落实到具体的空间区域<sup>[16]</sup>。根据研究区当地的生态环境现状、通过现场勘测调查、咨询相关专家以及参考已有的相关文献,并根据数据的可获得性确定研究区生态敏感性评价指标<sup>[17-20]</sup>。

结合研究区水域面积大、海拔高差大与坡度分异明显等实际情况,根据区域特殊性、综合性、代表性与可操作性原则,主要选取了地形坡度、土地覆被、自然保护区、河流水库作为生态敏感性分析的主要评价因子。① 地形坡度,坡度高低影响着水土流失程度的严重与否,坡度高的地方易发生水土流失且生态环境较脆弱;② 土地覆被,不同的土地覆被类型对区域生态环境的影响程度不同,其生态敏感性也具有一定差异,土地覆被能够直观的反映出这种特征;③ 自然保护区,自然保护区具有重要的生态服务功能价值,物种多样丰富,物质、能量、信息交流频繁,抗干扰能力较强;④ 河流水库,河流水域对动植物的生存、生长有重要影响,也是最容易受到人为干扰的因子之一<sup>[21]</sup>。将4项评价因子分极敏感、高敏感、中敏感、低敏感和不敏感5级,并对不同分级进行赋值(表2),作为测算生态敏感性的依据。

3.2.2 评价因子权重确定 由于生态环境系统包含多个因子,而各个因子之间相互影响与作用,因此试图将变异系数法引入评价中,反映不同因子之间的细微差异,根据差异大小客观的对评价指标赋权。

变异系数法是一种客观的赋权的方法,常用于衡量数据之间的差异。它通过对数据的标准差与平均值进行求比来获得。变异系数越大的指标,其在评价对象中的分布变异性就越大,故用该项指标就能对各评价对象进行明确的区分,其在整个评价体系中应该赋予较大的权重;反之,则应赋予较小的权重。计算公式如下<sup>[22]</sup>。

表 2 生态敏感性评价因子分级

评价因子	极敏感	高敏感	中敏感	低敏感	不敏感
分级赋值	9	7	5	3	1
地形坡度	>25°	15°~25°	10°~15°	5°~10°	≤5°
距自然保护区/m	<500	500~1 500	1 500~3 000	3 000~45 00	>4 500
距河流水库距/m	<100	100~500	500~1 000	1 000~1 500	>1 500
土地覆被	干燥常绿森林、落叶混交林、针叶林、阔叶针叶混交林、竹林、水域	灌木林、天然草地、热带草原	无林地、干龙脑香科树	水田、园地、农作物种植、其他农用地	建设用地、其他用地

$$W = \frac{v}{\sum_{i=1}^n v_i} = \frac{S/\bar{x}}{\sum_{i=1}^n (S_i - x_i)}$$

式中:  $W$ ——评价因子权重;  $V$ ——评价因子变异系数;  $S$ ——评价因子标准差为评价因子均值;  $i$ ——评价因子数 ( $i = 1, 2, 3, 4$ )。

## 4 结果与分析

### 4.1 景观格局指数分析

4.1.1 研究区景观斑块组成结构 从研究区景观要素斑块组成(表 3)可以看出,林地景观的面积明显大于其他 3 类景观,达到 2 869 639.29  $\text{hm}^2$ , 占总面积的 75.37%;其次是农田景观,为 548 994.96  $\text{hm}^2$ , 所占比例为 14.42%。建设用地和水域的面积较小,分别为 252 034.74 和 136 677.15  $\text{hm}^2$ , 占总面积的 6.62%和 3.59%。由景观格局分布可见,林地景观类型遍布全区;农用地景观类型主要分布于研究区西部的沿湄公河流域;建设用地景观类型主要在甘蒙省的西北部和东南部集中分布,在沙湾拿吉省呈零星分布状态。由于甘蒙省地势较高,集中连片分布的是一些未利用的裸露地面,而沙湾拿吉省处于平原地区,建设用地规模较小,分布也较为零散。这种用地结构反映了沙湾水经济区以林业和种植业为主的用地特色,主要原因是当地大面积的林业用地尚未开发,仍然处于相对原始的状态,当地人民生活水平较低,建

设用地面积相对较小。

斑块数量(NP)和平均斑块面积(AREA-MN),反映了景观异质性,并揭示景观内部的破碎化程度。表 3 中显示,林业用地斑块数量最少且平均斑块面积最大,表明林业用地受到人类活动干扰小,斑块破碎化程度最低;水域和农用地斑块数量最多,分别为 3 526 个和 3 019 个,平均斑块面积相对较小,分别为 38.76 和 181.85  $\text{hm}^2$ ,表明这 2 种景观类型的破碎化程度较大,主要是由于研究区内当地人民生活生存都依赖农用地和水资源,因此对其开发利用程度大。建设用地的斑块数量为 2 373 个,平均斑块面积为 106.21  $\text{hm}^2$ ,景观破碎度相对而言居于中等水平。

边缘密度(ED)指数反映评价单元的分异特征;最大斑块指数(LPI)反映优势斑块显著程度;散布与并列指数(IJI)反映各个斑块类型之间的散布与并列状况。由表 3 可知,LPI 指数排序为:林地>农用地>水域>建设用地;IJI 指数排序为:林地>建设用地>水域>农用地;ED 指数排序为:林地>农用地>水域>建设用地。上述结果表明:林地覆盖广阔且受人类干扰程度小,是有优势的斑块,且该类景观下的斑块彼此邻近,景观开放性较强,与周边斑块的物质、能量和信息易于交换,与其他景观类型也能有效地进行物质能量交换。基于此,在进行生态规划应该注重林地景观的保护。

表 3 研究区不同景观类型的斑块组成

景观类型	NP	CA	PLAND	AREA-MN	IJI	LPI	ED
农用地	3 019	548 994.96	14.42	181.85	54.433 6	2.45	7.02
建设用地	2 373	252 034.74	6.62	106.21	74.734 1	1.53	2.42
水域	3 526	136 677.15	3.59	38.76	69.049 7	1.68	2.68
林业用地	621	2 869 639.29	75.37	4 621.00	83.970 8	63.48	9.23

注:NP 为斑块数量;CA 为斑块类型面积;PLAND 为斑块面积比例;AREA-MN 为平均斑块面积;IJI 为散布与并列指数;LPI 为最大斑块指数;ED 为边缘密度。下同。

4.1.2 研究区景观类型尺度分析 面积加权平均分维数(FRAC-AM)和面积加权平均形状指数(SHAPE-AM)均反映了景观格局的形状复杂程度,

从 2 个指数来看(表 4),林地景观和水域均为较高的数值,农用地和建设用地的 2 类指数值都较低,表明林地和水域景观的形状比其余两者复杂。

斑块密度(PD)反映某一类景观对境内生物物种保护、物质和能量分布的影响。由表 4 可见:水域景观和农用地景观的斑块密度较大,建设用地的斑块密度中等,林地景观最小。林地面积最大,但是斑块密度排在末位,而水域斑块密度最大,出现这种状况的原因是林地面积广阔并且成面状大面积覆盖分布于研究区内,景观破碎程度小。而研究区内河流水系分支众多,呈树枝状形态因而破碎化程度较高;而农用地则是受到人类活动影响最多,因此比较分散,破碎化程度也较高。

景观形状指数(LSI)反映了斑块聚合和离散程度,排序为:农用地>水域>林地>建设用地,说明农用地景观的斑块形状不规则性高,建设用地的形状相对于其他 3 种景观类型是最规则。出现农用地形状最不不规则的原因主要是由于受人类活动的影响比较多,农用地景观斑块的形状趋于复杂。

从聚集度指数(AI)反映的信息来看,林地>建设用地>农用地>水域,这表明林地具有最高的景观聚集度,破碎化最低,而水域则反之。

表 4 研究区景观类型特征

景观类型	FRAC-AM	AI	PD	ED	SHAPE-AM	LSI
农用地	1.16	96.38	0.08	7.02	7.53	90.34
建设用地	1.16	97.31	0.06	2.42	5.38	46.05
水域	1.29	94.23	0.09	2.68	28.24	72.03
林地	1.30	99.07	0.02	9.23	40.04	53.23

## 4.2 生态敏感性评价

### 4.2.1 单因子评价 土地覆被类型是影响生态敏感

性的重要生态因子之一。极敏感区、中敏感区面积较大(表 5,图 1),分别占研究区总面积的 32.24%,44.23%,低敏感区次于前两者,占研究区总面积的 13.05%,不敏感区和高敏感区面积最小,仅占研究区总面积的 6.62%和 3.86%。其中极敏感区主要分布在地势较高的昆坎县、纳开县、马哈赛县、布拉帕县、中部色邦非县以及阿萨丰县东北部沿线。高敏感区则零散的分布于陡峭的山地之中。由于研究区内林地面积广阔,中敏感区分布几乎遍及整个研究区内,其中于沙湾拿吉省南部平原区最为集中,行政区划上主要包括欣奔县、赛布东县、赛布里县、阿萨丰县西南部、阿萨旁东县、帕兰赛县、逊纳布里县、宋孔县、塔旁东县;不敏感区主要位于甘蒙省西北—东南走向的谷地;低敏感区位于研究区西南部湄公河流域一带的平原地区。

坡度是影响研究区内城市生态建设和保护的重要因素。坡度越大,越难开发和保护。区内坡度大于 10°的区域占总面积的 34.77%,主要分布于研究区北部高原以及最南端;坡度小于 10°的区域占总面积的 65.23%,集中分布在地势平坦的西南部平原以及湄公河流域。

表 5 研究区土地生态敏感性因子分析

土地生态敏感性因子	极敏感	高敏感	中敏感	低敏感	不敏感
土地覆被	32.24	3.86	44.23	13.05	6.62
地形坡度	8.41	12.92	13.44	30.83	34.40
自然保护区	29.06	2.79	3.84	3.75	60.56
河流水域	4.69	7.70	8.76	7.94	70.92

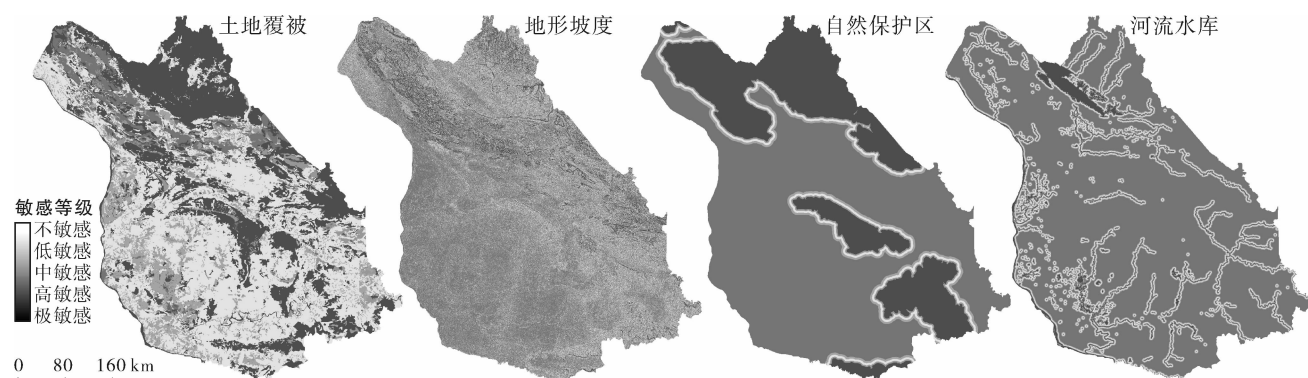


图 1 老挝沙湾水经济区生态敏感因子空间分布

自然保护区是以保护当地野生动植物、平衡人与自然生态系统以及发展风景区的自然人文综合体为核心的区域。极敏感区面积占总面积的 29.06%,高敏感区、中敏感区、低敏感区 3 区面积较小,分别占总

面积的 2.79%,3.84%,3.75%;不敏感区面积最大,占总面积的 60.56%。

研究区内主要的河流水系为西侧的湄公河以及横穿区内上、中、下 3 部的色邦非河、色努河、色邦亨

河。河流水库对动植物生长、人类活动都有重要影响,同时也是最容易受人为干扰的因子之一。研究区内极敏感区面积最小,占总面积的 4.69%,高敏感区占总面积的 7.7%,中敏感区,占总面积的 8.76%,低敏感、不敏感区域分别占总面积的 7.94%,70.92%。

4.2.2 评价因子权重确定 为便于空间分析和分值计算,将 4 项评价因子的数据格式统一转为 30 m×30 m 的栅格数据,利用 ArcMap 区域分析功能,对 25 个乡镇级行政单元构成的评价单元的 4 项因子进行栅格计算,并采用均值法获得各因子的最终指数,从而利用变异系数法客观确定各项评价因子的权重。结果见表 6。

表 6 研究区变异系数法确定评价因子权重

评价因子权重	土地覆被	地形坡度	自然保护区缓冲区	河流水库缓冲区
平均值	2.27	2.06	1.43	3.25
标准差	1.05	0.98	0.65	1.26
变异系数	0.46	0.48	0.45	0.39
归一化权重	0.26	0.27	0.25	0.22

4.2.3 综合评价 利用 ArcGIS 10.2 加权叠加方法,对土地覆被、坡度、河流水库缓冲区、自然保护区缓冲区 4 个因子敏感等级的栅格数据进行运算,并将其划分为极敏感、高敏感、中敏感、低敏感、不敏感 5 个等级(图 2)。

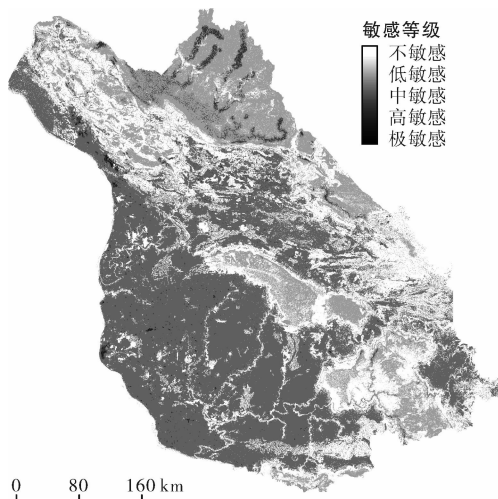


图 2 老挝沙湾水经济区土地综合生态敏感性空间分布

从图 2 中可以发现,极敏感区占总面积的 1.42%,面积相对较小,仅分布于东北部山林地区,主要是由于该地区地势高,坡度大,森林覆盖广阔,生物多样性复杂,鲜有人类活动。高敏感区占总面积的 19.36%,分布于东北部、东南部以及中部地区,出现

这种现象的原因是许多重要的自然保护区分布于此。中敏感区占总面积的 32.85%,区域内分布广泛,在中部平原周围以及东部山体的坡下分布较集中。这些地区海拔相对较低,植被种类数量丰富,人类活动相对而言较多。因此,在开发过程中,需要兼顾这一过渡地区的生态保护,避免破坏原有生态环境。低敏感区占地面积最大,占总面积的 46.01%,主要分布在地势起伏不大且植被覆盖少,人类活动频繁的地区。不敏感区面积最小,占总面积的 0.36%。零散分布于湄公河流域中部以及地势平缓地区,人类活动频繁。在开发过程中,可作为人类活动的聚集区,并且是修建相关设施的优先选择区域。

## 5 结论

(1) 从景观生态格局角度分析,水域景观的破碎化程度最高,受到的人类活动干扰相对比较严重;林地景观破碎化程度最低,由于研究区特殊的自然条件,林地面积广阔且分布范围广泛,保持自身良好的完整性,可以与周围有效地进行物质和能量交换,破碎化程度最低,受人为影响干扰小;农用地与建设用地景观破碎化程度居于两者之间,受人类的干扰程度也处于中等状态。

(2) 从生态敏感性评价可知,生态敏感度分布与研究区内生态环境现状特征具有紧密的联系,其敏感性分布规律与当地地形地势及植被覆盖等空间分布格局有明显一致性。其中生态高敏感区最集中于研究区东北部林地景观区域,景观生态格局分析中的破碎化程度越低,受到人为影响越小,与生态敏感度分布的结果相符。通过上述研究,可以将研究区划分为生态用地优先建设区、生态用地次优先建设区、生态用地过渡区和生态用地保育区,以此为依据,可以提出不同区域相应的管制措施。

文章探索了区域土地资源合理利用过程中生态用地的景观格局和生态敏感性特征,为老挝以及同类型区域生态评价及开发提供借鉴和参考。由于受数据获取的局限性和该区域同类研究成果匮乏等因素的限制,本文结合了中国和全球其他国家的相关研究成果,并根据老挝沙湾水经济区生态用地的实际情况和特点,分析了研究区生态用地景观格局指数和生态敏感性,填补了研究区生态土地利用评价这一领域研究成果的缺失。本文针对特定区域提出的研究方法和评价体系仍处于探索阶段,研究结果将在今后的实践中进一步检验和完善。

### [参 考 文 献]

[1] 龚建周,夏北成. 城市生态安全水平的空间分异与动态

- 转移特征:以广州市为例[J]. 生态环境学报, 2009, 18(1):210-215.
- [2] 张林波, 李伟涛, 王维, 等. 基于 GIS 的城市最小生态用地空间分析模型研究:以深圳市为例[J]. 自然资源学报, 2008, 23(1):69-78.
- [3] 张健, 高中贵, 濮励杰, 等. 经济快速增长区城市用地空间扩展对生态安全的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(6):2799-2810.
- [4] URGE-Team. Making Greener Cities: A Practical Guide[R]. Leipzig: UFZ Centre for Environmental Research Leipzig-Halle, 2004:120.
- [5] Weber T, Sloan A, Wolf J. Maryland's Green Infrastructure Assessment: Development of a comprehensive approach to land conservation[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 77(1):94-110.
- [6] 王世东, 慎利, 王新闯. 基于 RS 和 GIS 的生态用地评价:以辽宁省大洼县为例[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5):628-637.
- [7] 荣冰凌, 陈春娣, 邓红兵. 城市绿色空间综合评价指标体系构建及应用[J]. 城市环境与城市生态, 2009, 22(1):33-38.
- [8] 李晓丽, 曾光明, 石林, 等. 长沙市城市生态用地定量分析及优化[J]. 应用生态学报, 2010, 21(2):415-421.
- [9] 邬建国. 景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社, 2007.
- [10] 陈利顶. 景观生态学中的格局分析:现状、困境与未来[J]. 生态学报, 2008, 28(11):5521-5531.
- [11] 张秋菊, 傅伯杰, 陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题[J]. 地理科学, 2003, 23(3):264-270.
- [12] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 土地利用分类对景观格局指数的影响[J]. 地理学报, 2006, 61(2):157-168.
- [13] Tischendorf L. Can landscape indices predict ecological processes consistently[J]. Landscape Ecology, 2001(16):235-254.
- [14] Li Harbin, Wu Jianguo. Use and misuse of landscape indices[J]. Landscape Ecology, 2004(19):389-399.
- [15] 林孟龙, 曹宇, 王鑫. 基于景观指数的景观格局分析方法的局限性:以台湾宜兰利泽简湿地为例[J]. 应用生态学报, 2008, 19(1):139-143.
- [16] 徐广才, 康慕宜, 赵从举. 阜康市生态敏感性评价研究[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2007, 43(1):88-92.
- [17] 颜磊, 许学工, 谢正龙, 等. 北京市域生态敏感性综合评价. 生态学报, 2009, 29(6):3117-3125.
- [18] 宋晓龙, 李晓文, 白军红, 等. 黄河三角洲国家级自然保护区生态敏感性评价[J]. 生态学报, 2009, 29(9):4836-4846.
- [19] 李淑芳, 马俊杰, 唐升义, 等. 基于 GIS 的宝鸡市土地生态环境敏感性评价[J]. 水土保持通报, 2009, 29(4):200-204.
- [20] 周锐, 王新军, 苏海龙. 平顶山新区生态用地的识别与安全格局构建[J]. 生态学报, 2015, 35(6):2003-2012.
- [21] 陈彩虹, 刘照程, 余济云, 等. 基于 GIS 的城市生态公园生态敏感性评价研究:以广西南丹城市生态公园建设为例[J]. 中国农学通报, 2011, 27(14):187-191.
- [22] 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, 26(7):1180-1188.

(上接第 233 页)

- [18] 柳向阳, 马春煜, 李曦. 浅析地埂林草建设技术[J]. 中国水土保持, 2009(4):35-37.
- [19] 曹世雄, 陈莉, 高旺盛. 黄土丘陵区软埂梯田复式配置技术[J]. 应用生态学报, 2005, 16(8):1443-1449.
- [20] 杨才敏, 茹克梯, 赵发云. 浅谈山西省梯田埂坎资源的开发利用[J]. 中国水土保持, 2000(2):42-44.
- [21] 李光录, 高霞, 刘馨. PP 织布袋梯田筑坎破坏形式与稳定性分析[J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(2):201-206.
- [22] 李豪, 张信宝, 文安邦, 等. 三峡库区紫色土坡耕地土壤侵蚀的<sup>137</sup>Cs 示踪研究[J]. 水土保持通报, 2009, 29(5):1-6.
- [23] 韦杰, 贺秀斌. 三峡库区坡耕地水土保持措施研究进展[J]. 世界科技研究与发展, 2011, 33(1):41-45.
- [24] 吕文星, 张洪江, 程金花, 等. 三峡库区植物篱对土壤理化性质及抗蚀性的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(4):69-73, 78.
- [25] 汪三树, 史冬梅, 蒋光毅, 等. 紫色丘陵区坡耕地生物埂的土壤结构稳定性与抗蚀性分析[J]. 水土保持学报, 2012, 26(6):31-35, 40.
- [26] 蒲玉琳, 谢德体, 倪九派, 等. 紫色土区植物篱模式对坡耕地土壤抗剪强度与抗冲性的影响[J]. 中国农业科学, 2014, 47(5):934-945.
- [27] Zhang J H, Wang Y, Zhang Z H. Effect of terrace forms on water and tillage erosion on a hilly landscape in the Yangtze River Basin, China[J]. Geomorphology, 2014, 216(7):114-124.
- [28] 杨利民, 黄宇萍, 刘专. 湖南省耕地田坎分布地理特征研究[J]. 经济地理, 2010, 30(5):841-843.
- [29] 张信宝, 周萍, 严冬春. 梯田与植物篱的结构、功能与适用性[J]. 中国水土保持, 2010(10):16-17.