

基于 GIS 支持下的土地资源空间格局生态优化

赵筱青^{1,2}, 王海波³, 杨树华^{2,*}, 徐晓雅¹

(1. 云南大学资源环境与地球科学学院, 昆明 650091; 2. 云南大学生态学与地植物学研究所, 昆明 650091;

3. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000)

摘要: 以防治水土流失和维护景观整体生态优化为目标, 选择我国滇西南地区亚热带山地为典型案例, 利用遥感数据和 GIS 的空间信息处理技术, 采用适宜性评价与土地资源利用格局整体优化相结合的方法, 用最小累积阻力模型 (MCR) 确定土地利用的功能分区和生态格局组分, 探讨山地土地资源空间格局生态优化途径。结果表明: (1) 基于 GIS 空间分析技术和“成本距离加权”制图分析工具, 采用最小累积阻力模型 (MCR) 的土地资源空间格局生态优化方法是可行的; (2) 将水平生态过程作为一种对景观的控制过程来对待, 以常绿阔叶林和思茅松林为保护源, 基于最小累积阻力面 (MCR) 模型, 构建了对土地资源整体生态功能起维护作用, 对源内物种的迁移或扩散过程具有关键作用的廊道、辐射道和战略点等生态格局组分; (3) 基于 MCR 阻力值建立的频率序列及拐点图, 拐点两侧的土地利用类型异质性较大, 可以作为划分土地功能分区的临界点, 以此划分出有利于生态安全的核心源保护区、生态缓冲区、生态过渡区、生态边缘区、农业耕作区和居民生活区等 6 类土地功能区, 并提出各功能区的管理措施。

关键词: 土地资源; 空间格局生态优化; 最小累积阻力模型 (MCR); GIS 技术

文章编号: 1000-0933 (2009) 09-4892-10 中图分类号: Q149, X24 文献标识码: A

GIS-based ecological optimization of spatial patterns of land resources

ZHAO Xiao-Qing^{1,2}, WANG Hai-Bo³, YANG Shu-Hua^{2,*}, XU Xiao-Ya¹

1 College of Resources Environment and Earth Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China

2 Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China

3 Cold and Arid Regions Environment and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(9): 4892 ~ 4901.

Abstract: With the purpose of preventing or controlling erosion by water and maintaining quality of landscape, this paper takes the subtropical mountainous region in Yunnan southwest China as a typical case. It utilizes the data of RS and the spatial information processing technology of GIS, Combining suitability evaluation with the overall optimization of land use pattern, the model of minimum cumulative resistance (MCR) is applied to ascertain the function zoning and ecological pattern components of land use, to develop approaches to the ecological optimization of the spatial pattern of land resources in the mountainous region. The results are as follows: (1) It is feasible to adopt MCR to optimize spatial patterns of land resources on the basis of spatial analysis technology and the drawing analysis tools of “cost-distance weight”; (2) The horizontal ecological process way act as a control on landscape, with the evergreen broad-leaved forests and *Pinus khasya* forests in this region as the protected source. MCR way be used to construct the ecological pattern components of corridors, radiation roads, and strategic points. These components not only work to maintain the ecological functioning of land resources, but also play a crucial role in the migration and proliferation of the native animal species. (3) A map showing the frequency sequence and inflection points are constructed according to the MCR resistance value. The heterogeneity of land use types is greater on either side of the inflection point, which can serve as a basis for zoning of land function. By this

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (40961031); 云南省政府科技专项基金资助项目 (K1050469); 云南大学“中青年骨干教师培养计划”专项资助项目

收稿日期: 2008-05-05; 修订日期: 2008-09-05

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shyang@ynu.edu.cn

means, six functional areas of land, which are beneficial to ecological stability, are laid out, namely the core source protected area, eco-buffer area, eco-transition zone, eco-fringe zone, farming area and residential area. Management measures for each functional area are put forward.

Key Words: land resource; ecological optimizing of spatial patterns; minimal cumulative resistance (MCR) model; Geographic Information System (GIS)

土地资源优化配置的研究多关注土地利用数量结构的优化,忽视了土地利用空间格局对诸多生态过程的影响^[1~3]。以经济效益最大化为目标的土地数量结构优化,已不能解决存在的土地利用问题,土地资源空间格局生态优化成为目前土地资源优化配置研究的主要内容。如果土地资源利用在“垂直”方向匹配不适宜(如陡坡垦殖)和在“水平”方向不合理的空间布局(如外来树种引种、景观破碎化),将导致区域水土流失和自然生境的破坏,构成土地生态质量整体退化。为防治水土流失及生物多样性的减少,不仅需要保护现有的自然植被,而且要合理调整土地利用格局和增加自然植被斑块间的生态连通程度,使景观维持在一个较高质量的生态水平之上。本文以发展自然植被为手段,利用景观生态规划方法,借助遥感资料和地理信息系统(GIS)的空间信息处理技术,选择我国西南亚热带山地为示范区,进行山地土地生态格局优化的实践探索,以期对山地土地资源的可持续利用和生物多样性的保护提供参考。

1 研究区概况

经实地考察与资料分析,选择位于云南省西南部亚热带山地澜沧县为研究区,澜沧县位于云南省西南部普洱市境内,澜沧江以西,位于北纬 $22^{\circ}01' \sim 23^{\circ}16'$,东经 $99^{\circ}29' \sim 100^{\circ}35'$ 之间(图 1)。研究范围为国土面积 880700hm^2 的区域。区域地形地貌复杂,海拔高差悬殊,立体气候明显。主要属亚热带山地季风气候,植被种类随海拔高低有明显的分布差异,海拔 $580 \sim 800\text{m}$ 之间的澜沧江湿热河谷地区为地带性植被,主要是热带季雨林,热带植物丰富; $800 \sim 1500\text{m}$ 之间的河谷盆坝、低山丘陵一带为亚热带季风常绿阔叶林和以思茅松(*Pinus khasya*)为代表的暖热性针叶林,常见的阔叶树种有栲类(*Castanopsis* spp.)、红木荷(*Schima wallichii*)等;海拔 $1500 \sim 2100\text{m}$ 之间属半湿润常绿阔叶林和以云南松(*Pinus yunnanensis*)为代表的暖温性针叶林,常见的树种有滇青冈(*Cyclobalanopsis glaucoides*)、元江栲(*Castanopsis orthacantha*)等;海拔 2100m 以上是中山湿性常绿阔叶林。人类活动以农业生产为主,形成自然与农业景观共存的景观类型。

2 研究区基础数据的获取、处理与研究方法

2.2 资料的收集处理

2.2.1 资料收集

研究主要购买了 CBERS-II 卫星影像(2006 年)和 1:5 万 DEM 数据作为基本资料来源,卫星影像涉及四景,分辨率为 19.5m 。本研究还收集了糯扎渡自然保护区纸质图,数据来源是普洱市林业局。

2.2.2 资料处理

研究区土地利用类型分布数据的获取以卫星影像为信息源,参考国家标准和云南省土地利用类型分类系

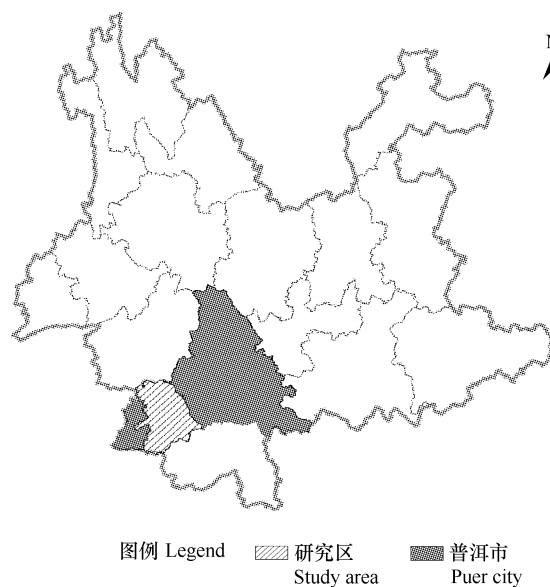


图 1 研究区在云南省的位置示意图

Fig.1 Location map of the study area in Yunnan Province

统,结合遥感影像地面分辨率及地面考察采集 GPS 点的实际情况,将研究区土地利用类型分为水田、旱地、茶园、有林地(包括针叶林、常绿阔叶林和人工桉树林)、灌木林地、居民地、水域、荒草地(包括灌丛、石山草坡)8 个小类。分类处理在 GIS 软件、ERDAS IMAGINE 支持下,采用人工交互和监督分类的方法提取斑块信息并对斑块属性赋值,建立地物原型与影像模型之间的直接和间接关系,经综合分析完成影像判读,达到对景观类型的识别。

糯扎渡自然保护区图件是在 GIS 软件支持下,将纸质图进行扫描、校正和投影转换,经拼接、剪切处理后数字化得到糯扎渡自然保护区等矢量图。研究区 DEM 数据经投影变换后生成高程图和坡度图等。

2.3 研究方法

综合已有的各种景观生态规划理论与实践^[4~8],采用适宜性评价和格局优化相结合的方法,进行亚热带山地退化景观生态格局优化的实践探索。其中适宜性评价方法主要考虑土地利用的“垂向”匹配,通过多个限制因子量化图层的空间叠加,实现土地资源的“适地适用”;格局优化方法主要关注土地类型单元在水平方向的相互关联,及由此形成的整体格局,借助 GIS 的空间信息处理技术,依据 Knaapen 等人提出的最小累积阻力模型(MCR)^[9~11],建立阻力面,构建土地功能分区和生态格局组分来实现。另外如何在上述景观优化方法中合理考虑山区贫困落后的社会经济状况也是本文主要关注的问题之一。

其中最小累积阻力模型(MCR)考虑了景观表面介质、距离和源三方面要素,基本公式如下:

$$C_i = \sum \min(D_k \times R_k) (i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, m)$$

式中, C_i 为第 i 个单元到源地的最小累积阻力; n 为景观基本单元的总个数; m 为源地到第 i 个单元所经过单元的个数; D_k 为第 k 个单元与源地的距离; R_k 为第 k 个单元的阻力值。该模型综合计算从源地到每一个景观单元的最小阻力值,其中从所有源到某点阻力的最小值被用来衡量该点的易达性。因此,阻力面反映了物种运动的潜在可能性及趋势,利用阻力面模型能够测定多种空间运动过程,它实质上反映了景观对物种空间运动过程的阻力。在生物保护方面,阻力值就是物种在穿越异质景观时所克服的累积阻力。可以根据阻力面构建土地功能分区和生态格局组分,优化土地资源空间格局。

土地功能分区主要是划分核心源保护区、生态缓冲区、生态过渡区和边缘区、农业耕作区和人类生活区。生态格局组分^[8,9]包括:(1)源地,是指作为物种扩散源的现有自然栖息地;(2)缓冲区(带),指围绕源地或生态廊道周围较易被目标物种利用的景观空间;(3)廊道,指源地之间可为目标物种迁移所利用的联系通道;(4)可能扩散路径,又叫辐射道,是指目标物种由种源地向周围扩散的可能方向,这些路径共同构成目标物种利用景观的潜在的生态网络;(5)战略点,指景观中对于物种的迁移或扩散过程具有关键作用的地段。

3 土地资源空间格局优化

3.1 土地资源生态适宜性评价

3.1.1 评价因子的确定和因子分级

在山地地区,地形和地表覆盖类型是影响其景观分异和变化的两个基本因素。它们不仅控制着土壤的发育、水文状况的分异,还影响水土流失的发生发展,决定土地利用的空间分异^[12]。植被覆盖类型是土地生态系统最外在表现,其丰寡是系统生物生产功能大小的标志。植被与土地生态系统中所有过程有着直接或间接关系,具有典型的环境保护与调节功能^[10]。为了保护山地天然植被,维护与优化其原生生境要素不受外来物种及人类活动的影响,可以从影响山地天然植被景观的因子入手,通过适宜性评价来识别出研究区发展和保护天然林地的关键地段,作为研究土地资源生态优化格局的基础。

研究区就以原生植被常绿阔叶林和带次生性质的重要植被思茅松林为保护对象,它们对维护生态环境极为重要,是保持水土的关键,论文选用一些生态因子对其进行适宜性评价。常绿阔叶林和思茅松林发展的限制因素有多个,如高程、坡度、土壤性状(有效土层、质地类型、pH 等)等,鉴于数据的可获得性,本文以高程、坡度和覆盖类型为适宜性评价指标,对发展大面积常绿阔叶林和思茅松林进行生态适宜性评价,以此探讨研究的方法。

研究区的海拔高程主要集中在 1100 m 到 1700 m 之间,平均海拔约为 1500m。根据研究区实际情况,并参照其他人的林地适宜性因素分级指标选取经验^[12,13],将评价因子分级如下:

- (1)高程因子分级 一级 H1 >1700 m;二级 H2 1100 ~ 1700 m;三级 H3 <1100 m;
- (2)坡度因子分级 平缓坡 S1 0° ~ 15°;斜坡 S2 16° ~ 25°;陡坡 S3 26° ~ 35°;极陡坡 S4 >35°;
- (3)覆盖类型以前述景观分类为基础,将其分为 10 个类型 T1 常绿阔叶林;T2 针叶林;T3 灌木林;T4 茶园;T5 桉树林;T6 荒草地;T7 旱地;T8 水田;T9 水域;T10 居民地。

3.1.2 适宜性评价原则、模型及过程

基于上述评价因子,以保护和发展大面积常绿阔叶林地和思茅松林地为基础目标,适宜性评价的基本原则主要考虑如下:① 高海拔的山地具有较高发展源地的优先级(即较高的适宜性或较低的阻力值);② 随坡度的增大,发展源地的优先级增加;③ 常绿阔叶林和思茅松林作为主要的保护对象,故现有林地应作为发展常绿阔叶林和思茅松林的优先地段;④ 植被类型与重点保护类型的植被特征越接近,其对物种运动的阻力就越小;⑤ 缓坡耕地,尤其是低海拔地区的缓坡耕地,应作为基本农田加以保护;⑥ 受人类影响大的土地类型,其发展源地的阻力值较大。

整个过程按下面评价模型进行: $Y_i = H_i \times (S_i + T_i)$, ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)。式中 i 为第 i 个评价单元, n 为评价单元的个数, Y_i 为第 i 个评价单元的适宜性等级分值即阻力值, H_i 为第 i 个评价单元的高程因子, S_i 和 T_i 分别为第 i 个评价单元的所在坡度等级和覆盖类型^[12]。

评价的基本过程如下:

- (1)首先依据前述评价因子和分级标准,基于研究区的数字高程模型(DEM),分别生成景观高程分级图和坡度分级图;
- (2)基于以上评价的基本原则,对前面的评价因子图层,进行等级分值的评定,确定各个因子发展林地的阻力值(表 1 ~ 表 3)。

表 1 覆盖类型阻力分级
Table 1 The resistance classification of cover types

覆盖类型 Cover types	常绿阔叶林	针叶林	灌木林	茶园	桉树林	荒草地	旱地	水田	水域	居民点
阻力值 Resistance value	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest; 针叶林 Coniferous forest; 灌木林 Shrubbery; 茶园 Tea garden; 桉树林 Eucalyptus forest; 荒草地 Waste-grassland; 旱地 Dry land; 水田 Paddy field; 水域 Waters; 居民点 Residential points										

表 2 坡度阻力分级
Table 2 The resistance classification of slope

坡度范围 Slope range	>35°	25 ~ 35°	15 ~ 25°	<15°
阻力值 Resistance value	1	2	3	4

表 3 高程阻力分级
Table 3 The resistance classification of elevation

高程范围 Elevation range	>1700m	1100 ~ 1700m	<1100m
阻力值 Resistance value	1	2	3

- (3)坡度分级图与景观分类图进行叠加,生成 40 种以坡度和类型两项指标标识的空间单元;
- (4)基于前述原则,按发展源地的优先程度分别对 40 种单元进行判别分析和类型归并排序,得到按优先排序的 8 种空间单元(表 4),优先级越低,其发展源地的阻力越小。
- (5)将合并后的图层与高程分级图以乘积的形式进行叠加,得到以发展林地的相对优先级为属性的空间单元,以此优先级系数作为各评价单元的阻力参数,形成以栅格方式(栅格大小为 30m × 30m)存储的阻力值

表面。

3.2 土地资源空间格局生态优化

从土地资源功能分区及生态格局组分的构建两方面探讨土地资源空间格局的生态优化。

表 4 优先级排序列表

Table 4 The table of the series of priority

优先级别 Priority level	坡度和覆盖类型 Slope range and cover type
1	T1 + S1 - 4, T2 + S1 - 4, T3 - S1 - 4, T4 + S1 - 2, T4 + S1 - 2, T5 + S1 - 2, T6 - 10 + S1
2	T4 - 5 + S3, T6 + S2, T7 + S2.
3	T4 + S4, T6 + S3, T8 + S2, T9 + S2
4	T5 + S4, T7 + S3, T10 + S2
5	T6 + S4, T8 - 9 + S3.
6	T7 + S4
7	T8 + S4, T10 + S2
8	T9 + S4, T10 + S4

3.2.1 选择源地

生态保护“源地”的确立一般是通过目标物种习性和分布的调查来进行的,选择空间规模较大且具有较大缓冲区的栖息地作为保护的“核心区”。本文以现有土地覆盖类型为主要参考因素,选择了一些面积较大而且有一定地域代表性的植被斑块,研究区主要是原生植被常绿阔叶林和带次生性质但具有重要作用的思茅松林斑块,同时考虑到研究区内有糯扎渡自然保护区,也将其一并纳入,作为研究区内生态保护的“核心区”,即为景观生态学中的“源地”。这些源地多位于海拔相对较高的地带,是周围地区地表和地下水系的发源地,同时又具有丰富的物种资源,成为景观中涵养水源和防止水土流失的“核心”地带^[14]。在实际研究中,选择了不同面积规模和数量的两种“源地”,一种是 1000hm² 以上的常绿阔叶林和思茅松林斑块,设为方案一;另一种是 1 万 hm² 以上的常绿阔叶林和思茅松林斑块,设为方案二。

3.2.2 建立最小累积阻力表面

基于前面建立的“源地”和适宜性评价中建立的阻力值表面,利用 ArcGIS 的“成本距离加权”制图分析工具,采用最小累计表面模型(MCR),形成了研究区最小累积阻力表面图 2。

最小累积阻力表面反映了各种“流”(物质、能量等)从“源地”克服各种阻力到达目的地的相对或绝对难易程度,也表示物种空间运动的趋势和潜在可能性。从图 2 看出,从保护源地向外,发展林地的耗费值逐渐增大,并围绕源地形成不同阻力水平的缓冲区。当最小累积阻力值在人类活动集中区达到极高值,意味着若在这些地带重建自然植被,需要耗费高额代价。反之,若在这些核心保护区“源地”进行一些人类经济活动,所造成的生态系统破坏也是巨大的。因此最小累积阻力表面图能为土地功能分区和生态环境的保护提供有力的分析依据。

3.2.3 土地功能分区

以最小累积阻力表面图为基础,统计最小累积阻力表面中各阻力水平的格点(cell)频率数,并对其作频率序列图,在序列图上考察各水平级的频率变化情况,将变化序列发生较为明显转折的地方定为拐点。因为这些较为明显的转折处反映阻力值已发生了较大的突变,表明其两侧的土地利用类型异质性较大,因而可以认为这些较为明显的转折点即为土地利用类型发生变化的拐点。

分别统计源面积为 1000hm² 和 1 万 hm² 两个最小阻力表面中各阻力水平的格点频率如图 3 和图 4 所示,其变化序列分别在 a1、a2、a3、a4、a5、a6 和 a7 点处发生明显转折,将这些点称为拐点。以拐点阻力为临界值,将土地资源功能进行分区,两种方案的功能分区见图 5。其中 I 区对应图 3 和 4 中拐点 a1 之前的景观区域;II 区对应 a1 与 a2 间的景观区域;III 区对应 a2 与 a4 间的景观区域;IV 区对应 a4 与 a5 间的区域;V 区对应 a5 以后的景观区域。

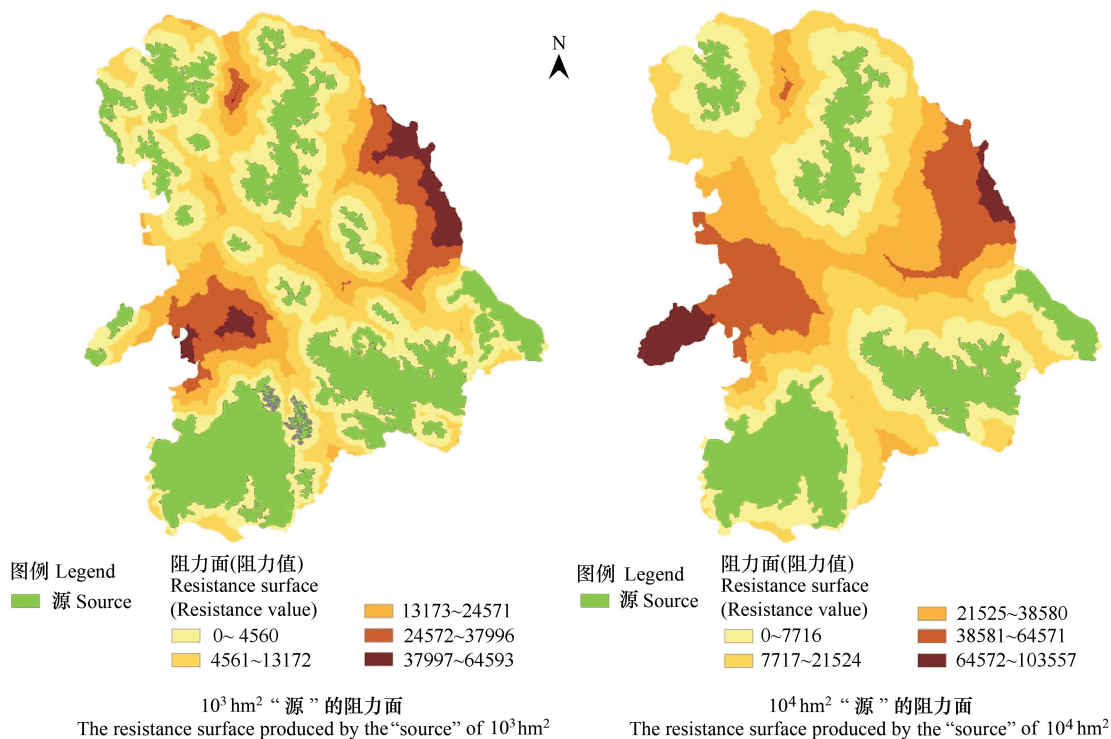
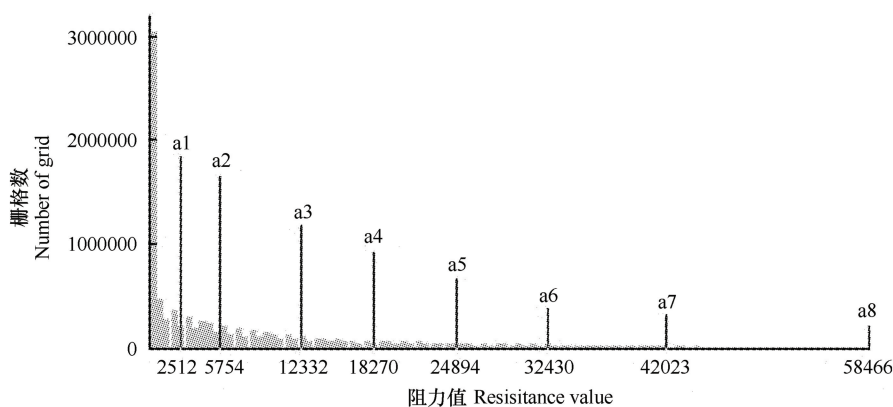


图 2 最小累积阻力表面

Fig. 2 The surface of minimal cumulative resistance

图 3 1000hm²阻力面格点频率序列及拐点图Fig. 3 The pixels frequency serial and inflexion of the resistance surface of 1000 hm²

I 区,随阻力水平的增加,可扩展源地面积急剧减少,是发展源地的低效地段;反之,随阻力水平的降低,即随人类对非宜农区的开发,又将造成可发展源地的大面积丧失。可见,这一地带无论对开发还是保护均很敏感,既不易作为生态保护区,也不应开发为农耕地。但这一地带靠近“源地”区,它对于维护景观的连通性和保护“源”不受人类活动的影响具有关键性作用,因而可以作为生态缓冲地带。生态缓冲区包围着核心保护“源”,维护核心保护源的生态整体性,它是生态保护源的一道屏障。

II 区,虽然序列的趋势未变,却已明显趋于缓和,表明对开发的敏感性有所降低。但阻力水平较高,已不太适宜发展源地,同时它对源地又起到外保护层的作用,故可作为生态过渡区,也可作为“源”发展的后备地段。

III 区,序列变化平和,已处于高阻力水平,且对人类干扰的敏感性变低,发展源地的阻力较高,可用于源地

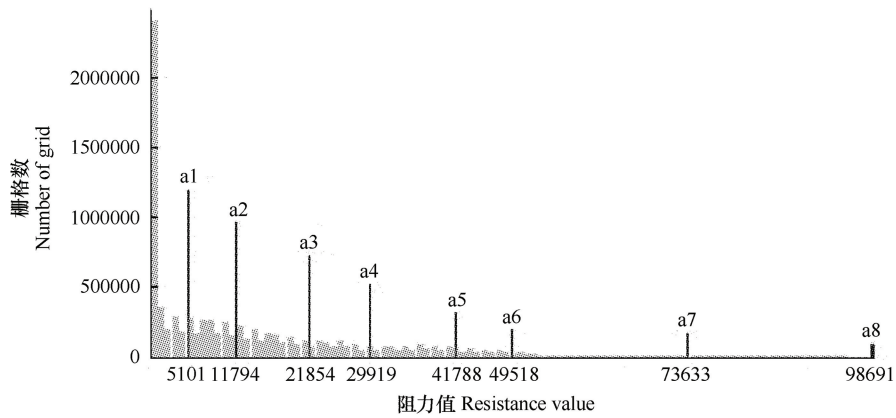


图4 1万hm²阻力面格点频率序列及拐点图

Fig.4 The pixels frequency serial and inflexion of the resistance surface of 10000 hm²

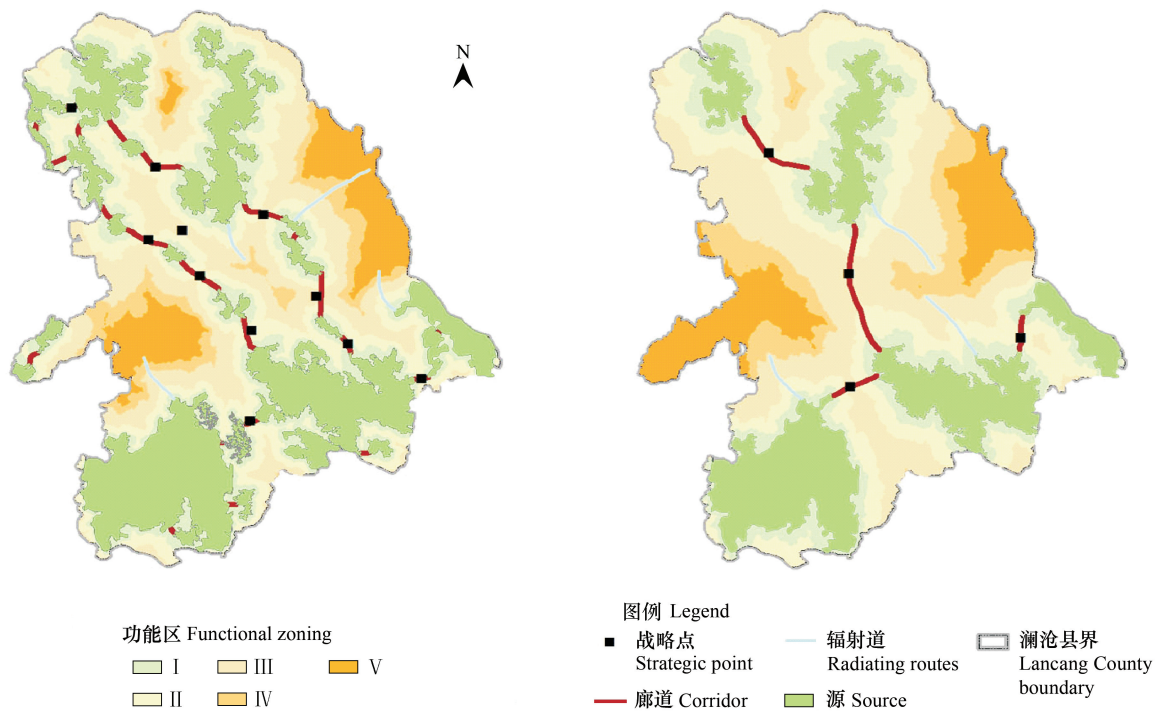


图5 土地资源功能分区及生态格局组分

Fig.5 The functional zoning of land resource and elements of ecological patterns

保护的边缘地段,主要服务于人类的开发和利用,如作为工业用材林种植区范围。该区可作为发展源地与人类活动区的隔离带,要有计划的开发利用。

IV区,随阻力水平的继续提高,发展“源”地的效率更趋于减小,对人类的影响增加,可用于人类活动影响较强的农业耕作区。

V区,序列变化曲线随着阻力水平的继续提高,发展源地效率趋于零增长,可用于居住和生活的主要用地。

各功能区的组成及管理措施建议如下:

(1)核心源保护区 由“源地”组成。该区是大面积常绿阔叶林和思茅松林的集中分布区域,远离人类活动干扰,它们对于保护濒危物种、涵养水源、提高植被盖度和维护整体生态具有重要意义,是维持当前生态系

统平衡的核心地带。可考虑把这些区域设置为生态保护管理的对象,并有专人负责管理,避免受到各种与保护无关的人类活动的干扰。

(2)生态缓冲区 由 I 区组成。它包围着核心源保护区,对维护核心源保护区的生态整体性具有关键作用,是核心保护区的重要屏障。生态缓冲区也是核心源之间加强联系的重要通道,主要进行以生态林为主,薪材林、经济林为辅的林业生产活动。作为核心源保护区的缓冲地带,该区域不仅起到生态保护的作用,同时也是各种林地类型交叉分布的区域,对于各种林地相互间物质能量的流通也起着重要作用。该区可考虑针叶林和常绿阔叶林树种的种植,对于受人类干扰大的茶园和耗水量大的外来树种应该禁止种植。

(3)生态过渡区和边缘区 分别指 II 区和 III 区,它处于生态缓冲区和人类活动区的过渡地带,对于发展林地效率相对较低,但具有一定的抗干扰能力,是核心保护区的一道隔离带。生态过渡区和生态边缘区发展自然林地的效率相对较低,又处在核心保护区与人类活动区之间,该区除了进行生态林种植外,在不影响源地景观连通性的情况下,可经营有经济收入的工业用材林、园地、发展畜牧业,以及局部性的农业活动。

(4)农业耕作区 由 IV 区组成。由于发展大面积自然林地的阻力较高,且对人类的开发不太敏感,可作为人类活动影响较强的农业耕作区。澜沧县是一个以农业生产为主的区域,农业人口超过 90%,该区对农业生产意义重大,可以进行农作物的耕作。

(5)人类生活区 由 V 区构成,为景观阻力高值区。该地带由于地形条件较为优越,是景观中人类生活居住和商业经济活动的主要集中地。人类活动区和农业耕作区一般交错分布,二者之间联系密切,可通过改善交通条件等途径加强相互间的联系。

3.2.4 生态格局组分的构建

增强源地之间的连通度是维护土地资源整体生态功能的有效途径^[14]。因此还需辨识不同保护源之间存在的和潜在的生境廊道,实现源间连接。在最小累积阻力表面图中,廊道建立在源地间以最小累积阻力相联系的路径中,并应针对不同目标物种配备相应宽度的缓冲带。在最小阻力通道上建立生态廊道,既能维护整个区域的生态连续性,成为研究区内生态流之间的高效通道和联系途径,又能以最小的人类利益损失为代价,同时还能起到一定的防止水土流失的作用。

在阻力面图上辐射道就是以某“源”为中心向外辐射的低阻力谷线,它们是“源”向外围景观扩散的有效途径。因为物种运动是能动的,而不是被动的保护对象,需要识别“源”发展的有效途径,达到保护和发展“源”的目的。

战略点对于源内物种的迁移或扩散过程具有关键作用,从阻力面上反映出来的战略点就是以相邻源为中心的等阻力线的相切点,对控制生态流有至关重要的意义。

廊道、战略点和辐射道的构建结果如图 5 所示。

3.2.5 两种方案景观格局优化的特点

两个方案的土地资源格局的优化过程,基本体现了 Forman 所倡导的景观“分散与集中”的整体布局原则,优先考虑保护和建设几个大型的常绿阔叶林和思茅松林自然斑块,作为物种保护和水源涵养的自然栖息环境,有足够宽和一定数量的廊道,用以保护水系和满足物种空间运动的需要,而在其它地方分散一些小型自然斑块和廊道,用以保证区域的异质性^[1]。在保护区内,较高生态价值的土地单元受到保护,而在生产区内,经济价值较高的单元类型,如耕地、建设用地等则占据主导地位。

方案一的土地资源空间格局的核心斑块连通性好,很多“源”之间有多条廊道连接,形成环状廊道,比方案二有利于“源”之间物质能量的传递,有利于物种的生存与发展。方案二廊道呈蜘蛛状组合,源间连通性连较差,物种迁移较难;而且方案一战略点多,对提高源土地生态完整性的关键部位多。辐射道多,核心源发展的机会比方案二大;方案一核心“源”由大小斑块相间构成,大型斑块有多种重要生态功能,能较好地保护物种和生态系统,如果没有它,就失去了源保护的价值。小斑块分散在其中,可作为物种定居的立足点,保护分散的稀有种类或小生境,而方案二核心“源”由大斑块构成,能较好地保护物种和生态系统,但是缺少小生境。

两个方案的核心保护区的斑块数目也不一样,方案一的“源”斑块数量远多于方案二的“源”数量。如果组织一个专门机构对核心源保护区保护管理,则斑块数量的增多将会增加保护的难度,也使得管理的成本增加,方案一的管理成本和难度比方案二大。因此实际应用中要根据研究区需要保护和改善生态环境的程度,以及社会经济条件来选择适合方案。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1)研究表明基于 GIS 空间分析技术和“成本距离加权”制图分析工具,采用最小累积阻力模型(MCR)的适宜性评价和格局优化相结合的方法,对澜沧县土地资源空间格局生态优化是可行的。生态格局组分的识别和土地利用的功能区的确定,具有一定客观性和可操作性强的特点。通过分析与模拟土地利用空间格局与源生态过程的关系,对土地利用格局的优化,较以往单独以数量结构的生态优化为目标的土地利用优化配置,更符合和利于可持续土地管理的实践需要。

(2)将水平生态过程作为一种对景观的控制过程来对待,以滇西南亚热带山地常绿阔叶林和思茅松林为保护源,基于最小累积阻力面(MCR)模型,构建了对土地资源整体生态功能起维护作用,对源内物种的迁移或扩散过程具有关键作用的廊道、辐射道和战略点等生态格局组分。

(3)基于 MCR 建立的阻力值建立频率序列及拐点图,拐点可以作为划分土地功能分区的临界点,以此划分出有利于生态安全的核心源保护区、生态缓冲区、生态过渡区、生态边缘区、农业耕作区和居民生活区等六类土地功能区,并提出各功能区的管理措施。

4.2 讨论

(1)土地资源空间格局与生态过程的关系认识 土地资源空间格局与生态过程联系紧密,土地利用类型的形成受到人类活动的深刻影响。随着橡胶、桉树等人工林在云南省的许多地区大面积种植,一方面直接影响研究区的生态系统结构,另一方面,它可以改变区域的物质和能量的流动,进而影响区域生态过程。因此,土地利用社会空间格局与生态过程的关系认识(如景观连通性与生物多样性的关系)还需要进一步的研究和验证。

(2)由于反映土地资源状况和土地利用的生态影响所涉及的因素及表征指标很多,出于对资料获取性及研究可行性等的考虑,本文仅考虑了高程、坡度和地表覆被对源生态过程的影响,而其它因素未加考虑,随着资料的完备、有关研究理论的深入以及对技术途径的掌握,必将会有更为精确的结果。

(3)生态廊道宽度的确定 生态廊道的宽度由保护目标、植被情况、廊道功能、周围土地利用、廊道长度等多个因素决定^[15],合适的廊道宽度应该根据对廊道主要生态过程的研究来确定,此外,廊道宽度还随地形和气候的变化而变化。对于每一地区,应该根据经验数据及模型来估算。如果有足够的信息和经费来进行详细实验研究,可以综合考虑上述各个因子的影响,确定出合适的廊道宽度。

总之,最小累积阻力模型建立阻力面应用于土地资源格局优化的研究,无疑具有重要的科学意义和应用前景。但是本文讨论的表面模型计算方法在很大程度上带有假设性,具体应用时需要更复杂或更简单的模型。在该模型中,考虑了源的位置、空间距离和景观基面特征,其它因素如源本身的组成、驱动力因素的存在等都有可能影响阻力面的生成,实际应用中应与特定的研究对象和目标相结合,建立阻力面以识别土地生态格局组分和土地功能区。

References:

- [1] Zhang H R, Wang Y L. Ecological optimization of landscape in land resource exploitation overview of the methods. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(Supplement):325—329.
- [2] Chen W Y, Zhou Y M, Yu Hong. Optimized Design of Land Use for Farming, Forestry and Animal Husbandry in the Anjiagou River Basin, Gansu Province. *Arid Zone Research*, 2007, 24(5):631—636.
- [3] Zhao Y L, Tang H P, Li X Y, Zhang X S. Optimized Eco-productive Paradigm for Mountain Basin System in Huailai County Hebei Province. *Acta*

Ecologica Sinica, 2006,26(12):4234—4243.

- [4] McHarg I L. Design with Nature. Doubleday, Garden City, N Y, 1969.
- [5] Chen L D, Fu B J. The ecological significance and its application of landscape connectivity. Chinese Journal of Ecology, 1996, 15(4): 37—42.
- [6] Yu K J. Security Patterns and Surface Model in Landscape Ecological Planning. Landscape and Urban Planning, 1996, 36(5): 1—17.
- [7] Haber W. Using landscape ecology in planning and management. In: Zonneveld. I S Forman R T T eds. Changing landscapes; an ecological perspective. NewYork: SpringerVerlag, 1990. 217 ~ 231.
- [8] Forman R T T. Land Mosaic: the ecology of landscape and regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [9] Yu K J. Landscape ecological security patterns in biological conservation. Acta Ecologica Sinica, 1999, 18(1): 8—15.
- [10] Knaapen J P, Scheffer M and Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning. Landscape and Urban Planning, 1992, (23): 1—16.
- [11] ESRI, Environmental Systems Research Institute, Cell-based Modeling with GRID, Redlands, CA 1991.
- [12] Zhang H Y, Wan J. A Practical Approach of Ecological Optimizing of Mountain Landscape Based on GIS. Research of Soil and water Conservation, 1999, 6(4): 69—74.
- [13] Niu Z G, Li B G, Zhang F R. Optimum Land-Use Patterns Based on Regional Available Soil Water. Transactions of the CSAE, 2002, 3(18): 173—177.
- [14] Wang J, Fu B J, Chen L D. The Principle and Methodology of Landscape Eco planning. Resource Science, 1999, 21(2): 71—76.
- [15] Zhu Q, Yu K J, Li D H. The width of ecological corridor in landscape planning. Acta Ecologica Sinica, 2005(9): 2406—2412.

参考文献:

- [1] 张惠远,王仰麟. 土地资源利用的景观生态优化方法. 地学前缘, 2000, 7(增刊): 112 ~ 120.
- [2] 陈文业,周映梅,于洪波,等. 甘肃省安家沟农林牧用地优化设计. 干旱区研究, 2007, 24(5): 631 ~ 636.
- [3] 赵云龙,唐海萍,李新宇,张新时. 怀来山盆系统优化生态-生产范式. 生态学报, 2006, 26(12): 4234 ~ 4243.
- [5] 陈利顶,傅伯杰. 景观连接度的生态学意义及其应用. 生态学报, 1996, 15(4): 37 ~ 42.
- [6] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. 生态学报, 1999, 18(1): 8 ~ 15.
- [12] 张惠远,万军. GIS 支持下的山地景观生态优化途径. 水土保持研究, 1999, 6(4): 69 ~ 74.
- [13] 牛振国,李保国,张凤荣. 基于区域土壤水分供给量的土地利用优化模式. 农业工程学报, 2002, 3(18): 173 ~ 177.
- [14] 王军,傅伯杰,陈利顶. 景观生态规划的原理和方法. 资源科学, 1999, 21(2): 71 ~ 76.
- [15] 朱强,俞孔坚,李迪华. 景观规划中的生态廊道宽度. 生态学报, 2005(9): 2406 ~ 2412.