

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica

景观生态学专辑



第34卷 第12期 Vol.34 No.12 2014

中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 12 期      2014 年 6 月 (半月刊)

## 目 次

- 中国景观生态学发展历程与未来研究重点..... 陈利顶,李秀珍,傅伯杰,等 (3129)
- 城市景观格局演变的水环境效应研究综述..... 黄 硕,郭青海 (3142)
- 多功能景观研究进展..... 汤 茜,丁圣彦 (3151)
- 空间形态受限型城市紧凑发展研究——以厦门岛为例 ..... 黄 硕,郭青海,等 (3158)
- 紫金山森林公园降温效应影响因素..... 闫伟姣,孔繁花,尹海伟,等 (3169)
- 城市公园景观空间结构对其热环境效应的影响 ..... 冯悦怡,胡潭高,张力小 (3179)
- 基于 OWA 的低丘缓坡建设开发适宜性评价——以云南大理白族自治州为例 .....  
..... 刘焱序,彭 建,韩忆楠,等 (3188)
- 生态安全条件下土地利用格局优化——以皇甫川流域为例 ..... 喻 锋,李晓兵,王 宏 (3198)
- 新疆玛纳斯河流域 2000—2010 年土地利用/覆盖变化及影响因素..... 刘金巍,靳甜甜,刘国华,等 (3211)
- 基于 GIS 和 RS 的赣江上游流域土地利用动态趋势分析 ..... 鲁燕飞,彭 芳,万 韵,等 (3224)
- 1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力 ..... 刘吉平,赵丹丹,田学智,等 (3234)
- 基于斑块评价的三峡库区腹地坡耕地优化调控方法与案例研究..... 王永艳,李阳兵,邵景安,等 (3245)
- 贵州省山地-坝地系统土地利用与景观格局时空演变 ..... 李阳兵,姚原温,谢 静,等 (3257)
- 中国西南地区土地覆盖情景的时空模拟 ..... 李 婧,范泽孟,岳天祥 (3266)
- 基于移动窗口法的岷江干旱河谷景观格局梯度分析..... 张玲玲,赵永华,殷 莎,等 (3276)
- 基于植被覆盖度的藏羚羊栖息地时空变化研究..... 赵海迪,刘世梁,董世魁,等 (3285)
- 西南峡谷型喀斯特坡地土壤微生物量 C、N、P 空间变异特征 ..... 范夫静,黄国勤,宋同清,等 (3293)
- 峡谷型喀斯特不同生态系统的土壤微生物数量及生物量特征..... 谭秋锦,宋同清,彭晚霞,等 (3302)
- 长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响 ..... 刘桂林,张落成,张 倩 (3311)
- 基于视觉廊道的青藏铁路沿线旅游动态景观评价..... 张瑞英,席建超,姚予龙,等 (3320)
- 基于 RS 与 GIS 的农村居民点空间变化特征与景观格局影响研究 ..... 任 平,洪步庭,刘 寅,等 (3331)
- 生态系统保护现状及保护等级评估——以江西省为例..... 樊乃卿,张育新,吕一河,等 (3341)
- 崇明东滩盐沼植被变化对滩涂湿地促淤消浪功能的影响..... 任璘婧,李秀珍,杨世伦,等 (3350)
- 基于气候、地貌、生态系统的景观分类体系——以新疆地区为例..... 师庆东,王 智,贺龙梅,等 (3359)
- 黄土丘陵沟壑区景观格局演变特征——以陕西省延安市为例..... 钟莉娜,赵文武,吕一河,等 (3368)
- 不同干扰背景下农业景观异质性——以巩义市为例 ..... 张晓阳,梁国付,丁圣彦 (3378)
- 山西高原草地景观的数量分类与排序..... 张先平,李志琴,王孟本,等 (3386)

山区夏季地表温度的影响因素——以泰山为例·····	孙常峰,孔繁花,尹海伟,等 (3396)
典型岩溶洼地土壤水分的空间分布及影响因素·····	张继光,苏以荣,陈洪松,等 (3405)
基于移动窗口法的豫西山地丘陵地区景观异质性分析·····	李栋科,丁圣彦,梁国付,等 (3414)
桂西北喀斯特区域植被变化趋势及其对气候和地形的响应·····	童晓伟,王克林,岳跃民,等 (3425)
喀斯特与非喀斯特区域植被覆盖变化景观分析——以广西壮族自治区河池市为例·····	汪明冲,王兮之,梁钊雄,等 (3435)
不同干扰背景下景观指数与物种多样性的多尺度效应——以巩义市为例·····	董翠芳,梁国付,丁圣彦,等 (3444)
石栎-青冈常绿阔叶林土壤有机碳和全氮空间变异特征·····	杨丹,项文化,方晰,等 (3452)
湘中丘陵区南酸枣阔叶林群落特征及群落更新·····	易好,邓湘雯,项文化,等 (3463)
基于RBFN的桂西北喀斯特区植被碳密度空间分布影响因素分析·····	张明阳,王克林,邓振华,等 (3472)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 352 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 36 \* 2014-06



**封面图说:** 空间发展受限城市的厦门——在我国城市化进程中,中小城市在城镇体系建设中处于中间环节,起到了联系大城市和小城镇的作用。但是,每个城市由于发展历史、社会经济结构、自然地理形态等因素的不同,都有其发展的特性,这些问题都必须因地制宜地去把握。例如,厦门岛相对隔离,没有多余的发展空间,该城市以居住功能为主,城市功能较为单一,公共服务功能和商业服务功能比例较小。研究这样紧凑型的城市发展必须要考虑该城市结构转换的承受力,周边社会经济环境以及居民的生活习惯等。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201312233004

刘焱序.基于 OWA 的低丘缓坡建设开发适宜性评价——以云南大理白族自治州为例.生态学报,2014,34(12):3188-3197.

Liu Y X, Peng J, Han Y N, Wei H, Du Y Y. Suitability assessment for building land consolidation on gentle hillside based on OWA operator: a case in Dali Bai Nationality Borough in Yunnan, China. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(12): 3188-3197.

## 基于 OWA 的低丘缓坡建设开发适宜性评价 ——以云南大理白族自治州为例

刘焱序, 彭建\*, 韩忆楠, 魏海, 杜悦悦

(北京大学城市与环境学院, 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

**摘要:**山区城市在城镇化、粮食安全、生态保护的多重要求下,有必要探索将基本农田以外的低丘缓坡山地开发为建设用地的可行性和限制性。研究选取涵盖景观风险和灾害风险的共 12 个空间化指标,基于有序加权平均(ordered weighted averaging, OWA)方法,以大理白族自治州为例进行低丘缓坡区域建设开发适宜性评价。通过设置不同位序权重表征评价者偏好,结果表明:在指标风险程度的可信度较高的情况下,农用地、城镇、断裂带、河流等高风险指标权重被加大,空间特征明显;在指标风险程度的可信度较低的情况下,评价结果的空间均质性增强。通过模拟城镇建设导向、维持现有政策、风险控制导向 3 种适宜性分区情景,得出在城镇建设导向下应优先开发中小城镇,在风险控制导向下应优先保证大城市合理扩展。评价结果可以描述在城市的不同发展阶段如何构建政策权衡后的城镇化空间格局,满足了不同决策思路下的建设用地开发布局需求。

**关键词:**低丘缓坡;建设开发适宜性;有序加权平均;情景分析

## Suitability assessment for building land consolidation on gentle hillside based on OWA operator: a case in Dali Bai Nationality Borough in Yunnan, China

LIU Yanxu, PENG Jian\*, HAN Yinan, WEI Hai, DU Yueyue

Laboratory for Earth Surface Processes, Ministry of Education, College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China

**Abstract:** Under the multiple requirements of urbanization, food security and ecosystem management, it is necessary to explore the feasibilities and limitations on how to develop building land on gentle hillside in mountain cities. In the process of mountain development, the ecological sensitive area should be prevented from human interferences and human health from disaster threats. In this study, 12 spatial indices were selected which can represent the landscape and disaster risks in order to find the suitable degree of building land development on gentle hillside. Ordered weighted averaging (OWA) operators are usually used to model a family of parameterized decision strategies, which can be applied to route planning to provide more realistic results. In this method the optimistic degree can be quantified by the ordered weight. In an optimistic preference, the function of the relatively important indices is magnified; while in a pessimistic preference, the importance is relatively ignored. OWA algorithm can be used to conduct the scenario simulations of the feasibility of various construction land under different preferences, which is apparently able to reduce the impact of a single result of a subjective perception by decision-makers, and thus can well reflect the changes of evaluation result led by the slight adjustment of regional policies. In this study, Dali Bai Nationality Autonomous Prefecture was chosen as the study area, and OWA operators were adopted to measure the suitability of building land construction on gentle hillside. By setting up different ordered weights, scenarios can be set with the quantified optimistic or pessimistic preference of the decision makers. The result showed that in

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项经费课题(201311001-2)

收稿日期:2013-12-23; 修订日期:2014-04-01

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jianpeng@urban.pku.edu.cn

the optimistic scenario, the characteristics of high risk indices like farm land, urban, fault zone, rivers can be obviously detected spatially; in the pessimistic scenario where the degree of reliability for risk indices was decreased, the spatial homogeneity was enhanced on the result layer. Then, three scenarios were built up by the OWA operators, which support three different strategy orientations—urban construction, keeping the present policies and risk control. After defining the suitability sub region, it was found that priority development of small towns should be encouraged in urban construction scenario, while ensuring the land supply for big cities in the risk control scenario. With the assessments, we can describe how to build up the spatial pattern of urbanization after a policy trade-off among different stages of city development, and the results can satisfy the different decisions from the government and various requirements for the layout of construction land from different stakeholders. This study tended to draw a comprehensive conclusion through a combination of inter-scene. Although in a mathematical level, the three policy-perspectives provided by this paper are described as the preference of evaluator's, they are actually a reflection of decision makers' different strategic tendencies and thus are no clear good or bad. This study didn't attempt to select an optimal solution, but tends to describe how to build a spatial pattern of urbanization with policy trade-offs in different stages of urban development, so as to meet the needs of construction land's development under different decisions or layout ideas, with relatively high practical significance.

**Key Words:** gentle hillside; suitability of building land consolidation; ordered weighted averaging; scenario analysis

土地适宜性评价是评定土地对于某种用途是否适宜以及适宜的程度,中国传统的土地评价研究多以农林牧业综合适宜性评价为主<sup>[1]</sup>。近年来,土地适宜性评价的领域正在不断扩展,针对特色功能区域进行的单一用途土地评价备受重视<sup>[2]</sup>。在土地类型层面上,对耕地质量<sup>[3]</sup>、都市开发<sup>[4]</sup>、城区重建<sup>[5]</sup>、植被恢复<sup>[6]</sup>、绿色基础设施<sup>[7]</sup>等单一目标地类适宜等级评价层出不穷,推动了传统评价理论框架的不断完善。土地生态适宜性评价以生物多样性和生境保护为导向设置评价指标<sup>[8]</sup>,可以有效指导生态脆弱区域的土地开发相关规划。尤其对于丘陵地区或山区而言,城市往往分布在地势相对较低的河谷地带,在建设用地上空间布局上受到较多的地理本底条件限制。由于山区本身耕地面积较小,耕地保护压力大,而为数不多的优质耕地又距离城市近,容易被开发为建设用地。为了保障优质耕地,维护粮食安全,国家和地方对此类耕地的开发有严格的指标约束,大幅提升了在平整河谷布局建设用地的难度。因此,为了优化土地资源配,缓解供需矛盾,有必要探索山区城市将基本农田以外的低丘缓坡山地开发为建设用地的生态可行性和限制性,确定区域建设用地的适宜范围。

随着 GIS 技术与多准则评价方法相结合在土地适宜性评价中被广泛应用,大量研究采用层次分析法(AHP)对栅格图层进行赋权并叠加的方法得出评

价结果<sup>[9]</sup>。由于评价选取的地理或生态因子往往是存在相互关联的,简单的对加权后的图层进行叠加往往会造成一些有明显限制作用的因子被另一些指标所补偿,作为一个折中后的结果往往失去了评价者所要表述的限制性。因此,美国学者 Yager 提出了有序加权平均(OWA)的概念<sup>[10]</sup>,对因子属性的重要程度进行排序,通过排序权重的变换模拟不同程度的评价者偏好下得出的决策结果。目前,OWA 方法已逐步应用到国内对地理-生态过程研究中,在循环经济综合评价<sup>[11]</sup>、购房地域空间决策<sup>[12]</sup>等研究视角上取得了一些进展,但该方法目前在土地适宜性评价中的应用并不多见。基于 OWA 算法可以对多种不同偏好下的建设用地开发可行性作以情景模拟,显然能够降低某一种单一结果受决策者的主观认知的影响,良好地反映区域政策微调导致的评价结果变化。基于此,本研究拟应用 OWA 算法对低丘缓坡山区的建设用地开发适宜性作以情景模拟,探索 OWA 算法在土地适宜性评价中的适用性,并为山区城市的城镇化布局提供决策支持。

## 1 研究区概况

大理白族自治州地处云南省西部,地处云贵高原与横断山脉结合部位,全州山区面积占全州国土面积的 90%以上,是典型的西南山区城市,如图 1 所示。大理州当地居民将面积较大的山间小盆地、河

谷沿岸和山麓地带称为“坝子”，坝区内土壤肥沃、灌溉便利，是优质耕地的集中区域。然而近年来，随着地区工业与旅游业的快速发展，大理州在城镇化过程中有大量的建设用地需求。由于坝区人口稠密交通便利，往往是建设用地开发的首选区域，致使研究区内为数不多的优质良田迅速减少。“积极培育中心城市，择优发展小城镇”是大理州城镇体系规划的明确要求。然而，中心城市大理市毗邻苍山洱海，生态保护压力大，致使城市建设用地的布局受到明显制约。而另一方面中心城市的极化作用吸引了大量人口的流入和企业的进驻，对建设用地的刚性需求不断上升。因此，有必要通过开发市区周边的低丘缓坡山地满足城市化的需要。同时，周边各县的中心镇一般位于坝区中央，在发展过程中容易侵占坝区的优质基本农田，对全州未来的粮食安全构成威胁。而非坝区部分一般生境质量较好且有一定坡度，如何控制生态风险和灾害风险是建设开发选址的核心环节。因此，有必要在空间上对研究区低丘缓坡建设开发的适宜程度作以定量化，判别出建设用地开发的优先区域。

对高程作为限制性因素，只将坡度 25°作为低丘缓坡范围的上限。同时，山区中城镇周边河谷部分相对平坦，有大面积基本农田，不满足研究目标，因此，本研究将坝区范围作为低丘缓坡界定的下限。

## 2 研究方法

### 2.1 数据预处理

在数据准备过程中，按照城镇化、粮食安全、生态保护和灾害防治的多重导向，选择土地利用、地质灾害、地下水、地震、归一化植被指数(NDVI)、地形、降水等多个数据集。其中农地、城镇、公路、河流数据解译自 2010 年春季 ETM+ 影像，并转换为矢量格式对照 Google Earth 进行人工修正；林地类型源自云南大学生态学与地植物学研究所编制的云南省 1:25 万植被图和林业科学数据中心相关森林资源数据；地下水保护区位置由大理州地下水功能区划的二级功能区图矢量化得到；地质灾害类型和断裂带位置矢量化自大理州地质灾害防治相关图件；地震位置取自历史震害资料中 1500 年以来 5 级以上地震；NDVI 数据源自地理空间数据云平台的 MOD13Q1 数据集，预处理过程中对 2010 全年的 NDVI 产品求年平均；DEM 数据源自地理空间数据云平台的 GDEM 数据集，在 ArcGIS 中生成坡度图层；降水数据源自中国气象科学数据共享网的多年平均站点数据集，按薄板样条函数插值方法以经纬度作为自变量、高程作为协变量在 ANUSPLIN 软件中插值所得<sup>[14]</sup>。所有数据在归一化处理后均统一生成 30 m 分辨率栅格图层。

### 2.2 适宜性指标构建

在山地开发的过程中，既要保证生态敏感区域不受干扰，又要防止人类健康受到灾害威胁。本研究将这两方面指标集归纳为景观风险和灾害风险，风险越大则越不适宜建设用地开发。按照景观风险和灾害风险的分类以及指标的可获得性，本研究共选取 12 个指标参与评价。暂定景观风险和灾害风险作为两个准则层对山地建设开发的贡献为同等重要，分别赋权为 0.5。每个准则层包含 6 个指标，指标相对于准则层的权重由 AHP 法确定。

在景观风险的选取和赋值中主要考虑三个层面。首先，采用农地类型与林地类型表征土地利用方式影响的建设开发限制性。农地类型按农地景观

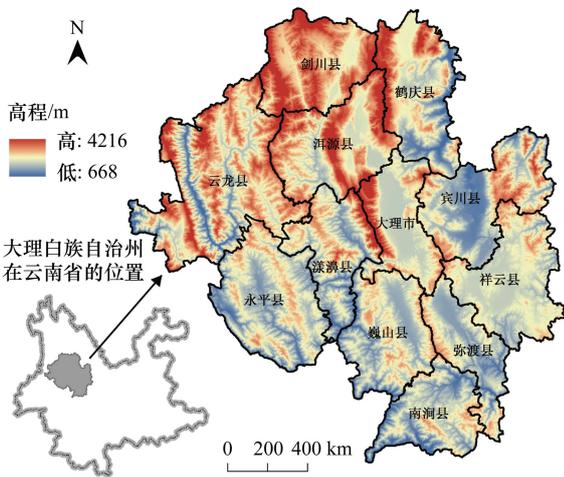


图 1 研究区位置  
Fig.1 location of the study area

在对大理州低丘缓坡区域的界定过程中，必须考虑到我国东西部的地理条件差异较大，对于西部地区低丘缓坡范围的界定以及低丘缓坡建设用地开发的限制指标均不能直接照搬东部沿海地区的经验<sup>[13]</sup>。由于滇西地区地势相对较高，地表起伏剧烈，过多的在地形角度进行限制可能会导致建设用地布局的极度破碎化，不符合现实需要。因此，本研究根据大理州的海拔高度与地形起伏，暂时不将绝

被开发所造成的粮食安全风险赋值;林地类型主要按照林地保护区等级赋值。其次,采用公路通达性和城镇距离表征新开发建设用地与已有城乡聚落的空间联系。显然距离公路景观越远则越不适宜布局建设用地,建设用地在公路两侧开发的通达性最高;而距离大型聚落越近则建设用地开发的需求也会相应增大。这里大型聚落最终选取大于  $5 \text{ hm}^2$  的城镇与农村居民点图斑作为阈值。最后,选择植被绿度和地下水保护作为建设开发的辅助性指标。通过 NDVI 反映植被生物量,可以作为建设开发成本的侧面衡量;建设用地开发增大了地下水的供给压力,因此地下水保护区也应作为辅助性限制条件。

在灾害风险的选取和赋值中也主要考虑三个方面。首先,在灾害易发性角度考虑地质灾害密度和地震密度。在地质灾害易发性的表征中,以核密度函数<sup>[15]</sup>表征灾害点空间集聚,给不同类型地质灾害赋予不同权重,本研究按照灾害的危害差异赋权为泥石流 100,滑坡 80,崩塌 70,塌陷与地裂缝 60,不稳定斜坡 50,以默认的 6871 m 为搜索半径,生成栅格图层;地震易发性的表征也采用核密度方法,其中由于地震点的两两距离相对较远,参照默认半径取 20 km 为搜索范围。其次,在灾害的危险性角度考虑坡度和降雨侵蚀力的作用,显然坡度越高、降雨侵蚀力越大,地质灾害的发生强度可能会随之增大。在处

理过程中虽然坡度  $25^\circ$  以上不应属于低丘缓坡范围,但默认为零星的散点可以开发,因此赋值暂不考虑范围限制;降雨侵蚀力的计算是基于多年月平均数据,按照常用的 Wischmeier 经验公式得出年降雨侵蚀力<sup>[16]</sup>。最后,立足于规划视角考虑了断裂带距离和河流距离两种限制性因素,这两种线状指标并不存在空间衰减关系,而是作为限制条件。本研究仅考虑研究区内较明显的几条大断裂带,暂定断裂带左右的缓冲区内不宜大规模建设;在河流引发的灾害角度主要考虑洪水的影响,考虑到用水需求,仅设置了相对较小的缓冲半径作为限制。

每个指标的归一化方法如表 1 所示,其中权重栏显示了乘以 0.5 后每个指标对于总目标的权重。两种风险的 AHP 判断矩阵一致性比例 CR 分别为 0.058 和 0.087,均小于 0.1,通过一致性检验。权重较高的指标包括农地类型、城镇距离、断裂带距离、河流距离等,这是由于:在景观风险指标集的赋权过程中,本研究认为农用地的保护和与城镇的空间联系是最为重要的两个因子,前者在供给上决定了低丘缓坡开发的限制,后者在需求上决定了低丘缓坡开发的目标;在灾害风险指标集的赋权过程中,本研究认为断裂带距离和河流距离是以二值化形式出现的,本身就是明确的限制性条件,因而相对其他因子更为重要。权重较低的指标包括植被绿度、地震密

表 1 指标归一化方法

Table 1 The method of indices normalization

类型 Type	指标 Index	归一化方法 The method of normalization	权重 Weight
景观风险	农地类型	赋值水田为 1,水浇地 0.9,旱地 0.75,园地 0.5,茶园 0.4,属于基本农田则直接赋值为 1	0.164
Landscape risk	林地类型	特殊保护为 1,重点保护 0.75,一般保护 0.5	0.073
	公路通达性	10 km 以外直接赋值 1,0—10 km 按欧氏距离归一化	0.083
	城镇距离	赋值方法同上	0.120
	植被绿度	按结果分布赋 NDVI 均值在 0.45 以下为 0,在 0.8 以上为 1,0.45—0.8 区间内归一化	0.029
	地下水保护	不宜开发区和脆弱区为 1,集中供水区 0.9,分散供水区 0.8,应急供水区 0.7,储备区 0.5	0.032
灾害风险	地质灾害密度	观察结果分布将核密度值大于 8 赋值为 1,0—8 区间内归一化	0.058
Disaster risk	地震密度	按结果分布将核密度值大于 0.8 赋值为 1 后,0—0.8 区间内归一化	0.018
	坡度	坡度 $25^\circ$ 以上赋为 1, $8^\circ$ 以下为 0,然后 8— $25^\circ$ 间归一化	0.080
	降雨侵蚀力	按结果分布在 3000—4500 $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 区间进行正向归一化,区间以上为 1,区间以下为 0	0.068
	断裂带距离	距离断裂带 1 km 以内为 1,其他全赋 0	0.130
	河流距离	距离河流 500 m 以内为 1,其他全赋 0	0.146

度等,这是由于:在景观风险指标集的赋权过程中 NDVI 只是植被长势的一个指标,但植物长势并不能完全表明生物多样性的重要性,仅是辅助性指标,相比而言林区的保护等级更为重要;在灾害风险指标集的赋权过程中地震发生的不确定性因素强,其危害更多取决于房屋构造和坡度,在市域范围内地震密度不一定是城市建设的重要限制指标。

### 2.3 有序加权平均法

OWA 算法的核心在于对指标按照属性重要性重新排序,对不同的排序位次赋予不同的次序权重。传统的图层叠加法实际上是 OWA 算法中默认次序权重相等的特殊情况。在 OWA 评价中,在评价者较为乐观的情况下,会给重要性较高的次序图层赋予较高的权重,评价结果能直接显示指标中最重要的属性;在评价者较为悲观的情况下,会给重要性较低的次序图层赋予较高的权重,评价结果不能反映指标的重要属性。

关于 OWA 权重的确定有 10 余种算法,其中单

调规则递增 (RIM) 的定量方式出现较早且易于理解<sup>[17]</sup>。按照 Yager 的定义,位序权重可表述为<sup>[17-19]</sup>。

$$w_j = Q_{\text{RIM}}\left(\frac{j}{n}\right) - Q_{\text{RIM}}\left(\frac{j-1}{n}\right),$$

$$j = 1, 2, \dots, n, Q_{\text{RIM}}(r) = r^a \quad (1)$$

式中, $j$  为位序, $w_j$  为位序权重, $n$  为指标数量。 $r$  为自变量, $a$  为表征乐观程度的幂指数。

可知,在  $a = 1$  的情况下位序权重相等,计算转化为普通的准则权重叠加。若  $a < 1$ ,则最重要的属性位序权重越大,评价者对指标的属性持乐观态度,只需要重要的前几层算子即可判定;若  $a > 1$ ,则越重要的属性位序权重越小,评价者对指标的属性持悲观态度,后面几层不重要的算子更被重视。在本研究中,“乐观”表明评价者认为生态风险的限制条件能够制约建设用地的开发,而“悲观”表明评价者不认为生态风险指标可以限制建设用地的开发。根据上述公式可以将次序权重的取值如表 2 所示。

表 2 次序权重计算结果

Table 2 Result of the ordered weight

位序权重 Ordered weight	$a = 0.0001$ 最乐观 Most optimistic	$a = 0.1$ 乐观 Better optimistic	$a = 0.5$ 较乐观 Optimistic	$a = 1$ 无偏好 No preference	$a = 2$ 较悲观 Pessimistic	$a = 10$ 悲观 More pessimistic	$a = 1000$ 最悲观 Most pessimistic
$W_1$	1.000	0.781	0.286	0.0833	0.006	0.000	0.000
$W_2$	0.000	0.056	0.120	0.0833	0.021	0.000	0.000
$W_3$	0.000	0.035	0.092	0.0833	0.035	0.000	0.000
$W_4$	0.000	0.025	0.077	0.0833	0.049	0.000	0.000
$W_5$	0.000	0.020	0.068	0.0833	0.063	0.000	0.000
$W_6$	0.000	0.017	0.062	0.0833	0.076	0.001	0.000
$W_7$	0.000	0.014	0.057	0.0833	0.090	0.004	0.000
$W_8$	0.000	0.013	0.053	0.0833	0.104	0.013	0.000
$W_9$	0.000	0.011	0.050	0.0833	0.118	0.039	0.000
$W_{10}$	0.000	0.010	0.047	0.0833	0.132	0.105	0.000
$W_{11}$	0.000	0.009	0.045	0.0833	0.146	0.257	0.000
$W_{12}$	0.000	0.009	0.043	0.0833	0.160	0.581	1.000

## 3 结果分析

### 3.1 不同偏好适宜性对比

图 2 为赋值并归一化的 12 种适宜性指标,分别将其带入表 2 所设计的 7 种偏好情况,结果如图 3 所示。在评价者无偏好的状态下,计算过程中不区分重要图层,评价结果直接依赖于数据预处理中的准则权重。结果表征了海拔较低、坝区面积较大的

大理市区、宾川县和巍山县在坝区周边低丘缓坡地带的建设用地开发适宜性较低,而同样海拔相对不高、距离大理市区较远的弥渡县和永平县坝区周边则显示出了相对较高的开发适宜性。在评价者最为乐观的状态下,除了半径 10 km 之内的城镇周边有微弱的开发适宜性,其他大面积区域呈现出适宜性为 0 的基质状态,除了城镇指标外其他指标难以体现。这证明评价者在对风险极端重视的情况下,城

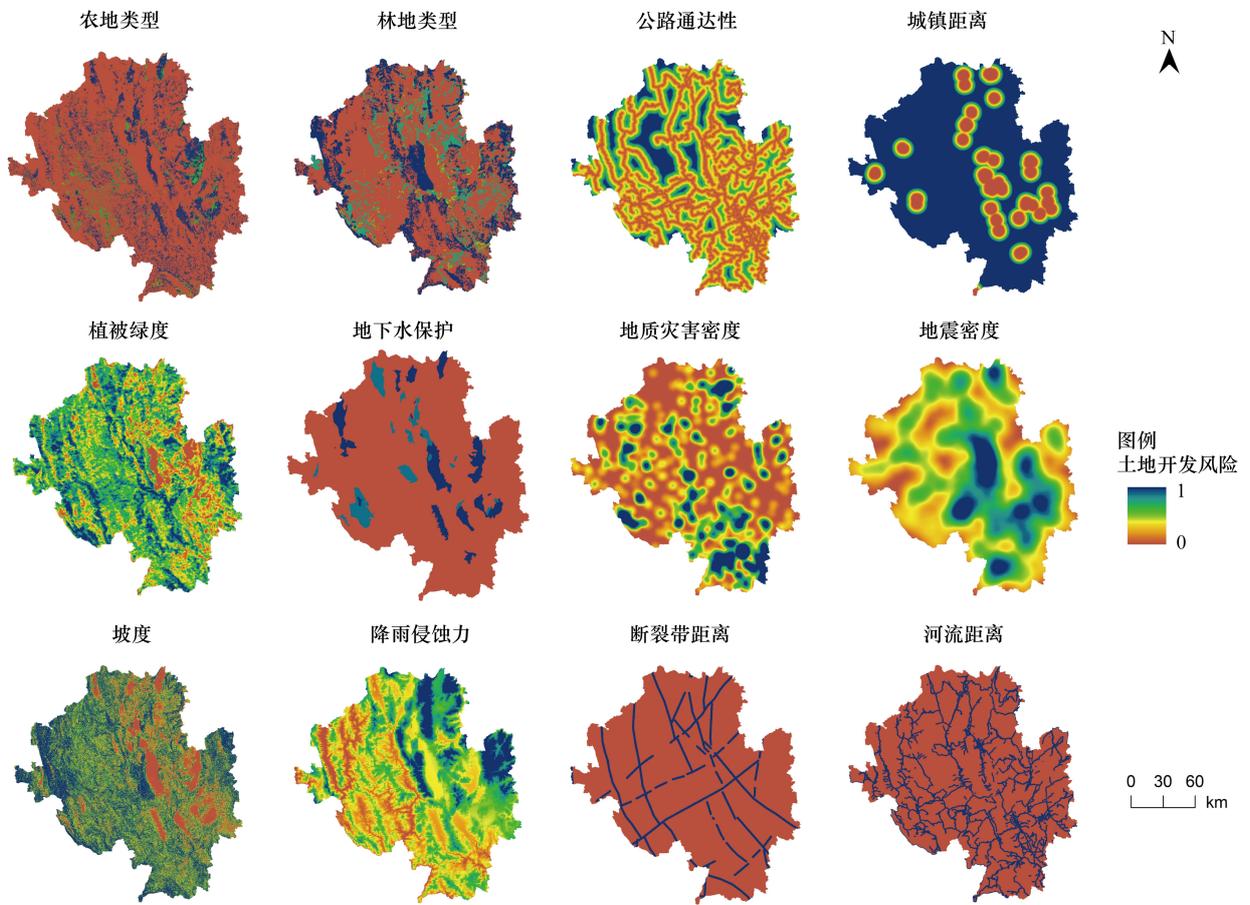


图 2 适宜性指标空间分布  
 Fig.2 Spatial pattern of the suitability indices

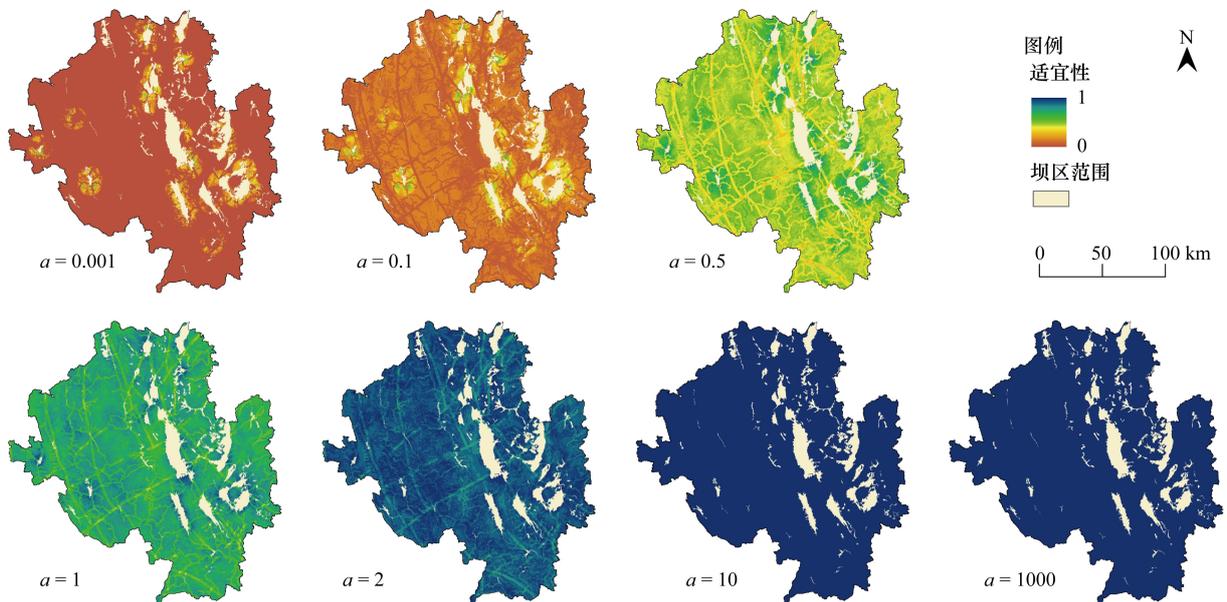


图 3 不同偏好的适宜性评价  
 Fig.3 suitable assessments for different preferences

郊以外的广大区域是不适宜进行开发的,仅有城市周边鉴于居民需求的压力不得不进行微小的开发。在评价者乐观的状态下,风险被高度重视,河流、断裂带、坡度与降雨侵蚀力高值部分依然适宜性极低,而其他大多数栅格显示出具有较低适宜性的格局。在评价者较乐观的状态下,适宜性低值部分和较低部分出现分化,作为限制性条件的河流和断裂带可以良好地在空间上被分离出来,成为评价者认知的生态风险重要来源。在评价者较悲观的状态下,风险评价的指标体系可信度低,大多数像元出现适宜性大于 0.9 的结果。至于后两种评价者悲观和最悲观的状态下,数据预处理中的风险赋值已不可信,坝区外全部是适宜开发区域,评价失去意义。

### 3.2 基于多情景的适宜性分区

在选取  $a=0.5$  和  $a=2$  作为偏好适宜性的次序权重时,结果显示其数据分离程度是相对较差的,适宜度比较集中。这种结果并不符合根据适宜性差异进行分区管制的决策目标,同时站在决策的角度上,评价人员的偏好也不可能出现如此大的波动。因此,基于情景模拟可用性的导向,本研究暂时默认为

$a=1$  是在粮食安全、生态安全、社会发展、居民健康等视角权衡下的正常赋权结果,是现有城镇化、耕地保护、生态保护等政策要求的权衡值,命名为维持现有政策视角。则  $a=1.2$  可以作为一种较为忽视风险而重视城镇扩张的政策倾向,命名为城镇建设导向视角; $a=0.8$  可以作为一种较为重视风险而严格限制城镇扩张的政策倾向,命名为风险控制导向视角。为排除栅格值向某一方向偏移造成的分区比例严重失调,采用自然断点法自动将栅格分为 4 类,保证了  $a$  较大的情况下断点阈值也同步增大,将 4 类分区按适宜程度从高到低依次命名为优先开发区、适度开发区、限制开发区和不开发区。同时,对坡度图进行重分类,25°以上为 1,其他为 0,转为矢量后将面积 1 km<sup>2</sup>以下的图斑融合到邻接的面积最大图斑中,再提取出属性值为 1 的部分作为低丘缓坡的上限,从而排除了一些坡度大于 25°但不连续的破碎图斑干扰。将提取出的 25°以上“陡坡”范围与坝区范围融合,得出了非低丘缓坡区域作为不开发区。最终情景假设结果如图 4 所示。

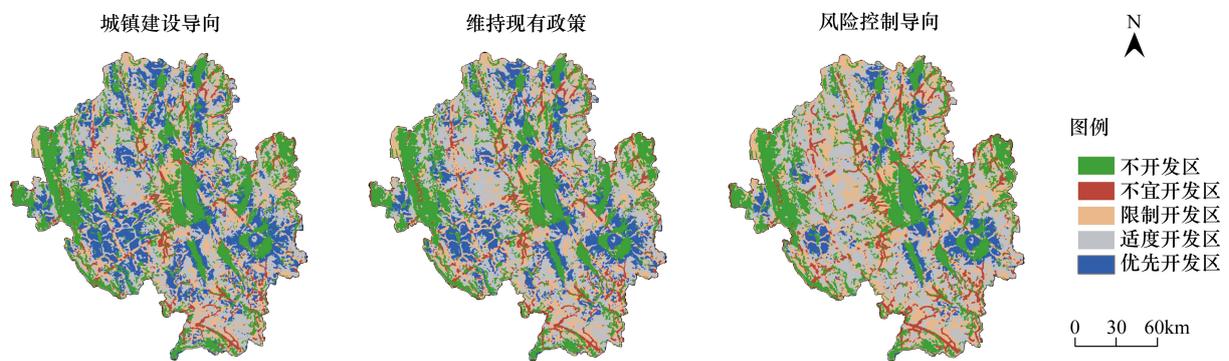


图 4 不同情景的建设开发适宜性分区

Fig.4 Suitability of building land consolidation zoning for different scenarios

在城镇建设导向下,永平县虽然目前经济实力相对较低,但由于地势相对平缓、基本农田总量不大、坝区面积较小,因而有较大的扩展空间,优先开发区面积最大;祥云县经济实力相对较强,其同样有较为平整的地形条件,由于路网密布、地质灾害密度较低,因而也有较为广阔的优先开发区范围;同时,并不在城镇附近的巍山县西部由于坡度较缓、耕地保护压力小,也形成了一定面积的优先开发区;反之,研究区的人口与经济中心大理市由于邻接苍山洱海,只有南部和东部有大面积低丘缓坡空间,致使

城镇建设受到制约,相比其他各县优先开发区面积反而最小。

维持现有政策的模式则体现出略有不同的分区格局。地势较低的永平县与巍山县西部的优先开发区面积缩小一半以上,而北部地势较高的剑川县和洱源县优先开发区面积减小幅度甚微,这体现出了远离城镇的风险正在加强;相比之下,同样地势较低但城镇化水平相对高的祥云县优先开发区范围并未明显缩小,证实了城镇距离指标的重要作用;另外,相比城镇建设导向,不宜开发区的面积并未有太多

变化,分区类型的转换主要发生在从优先开发区向适度开发区过渡。

风险控制导向则体现出了与城镇建设导向较大的不一致性。巍山县西部、云龙县北部较大规模的优先开发区全部消失;永平县的优先开发区缩减至中心镇周围 10 km 半径范围内,祥云县成为优先开发区面积最大的地区;城镇建设导向下优先开发区面积最小的大理市其优先开发区范围变化反而也较小,且并没有像云龙县、永平县、南涧县一样形成较大面积的限制开发区。显然,在风险控制控制视角下不仅远离城镇的风险继续加强,农地林地保护、坡度与降雨侵蚀力等因素也在空间上得到体现。

对比 3 种情景视角可以发现,由于客观地理条件的限制,在倾向于城镇建设的导向下,研究区大城市依然不适于大面积的进行建设用地开发,反而是相对开发风险较小的中小城镇可以作为产业园区的优先选址地点。而在风险控制导向下则不然,自然环境相对较好的中小城镇出于耕地和生境保护的目的是不能进行大规模扩张;而大城市周边由于存在刚性需求,即便有生态保护的压力依然会预留一部分建设用地开发的空间。目前,在山地城市生态保护与城镇化的权衡中,这种结论往往可以反映在土地规划中。例如建设用地指标多则会把多出的那一部分规划到较偏远的乡镇或大型村落中,若建设用地指标少则优先保证城区的发展,侧面证明了本研究适宜性分区的情景合理性。

#### 4 讨论

在多指标综合评价中,指标赋值和权重判定是结果不确定性的最主要来源。首先需要明确,评价本身就是一个基于研究者认知的主观过程,即使是完全客观化赋权的熵值法也是评价者为了刻意拉开属性值域差异而做出的一种主观选择,不一定是描述指标权值的最佳方式。在无法确认我们所设置的指标属性值和权值是否足够贴近真实情况的时候,采用 OWA 算法的偏好设置可以有效规避一部分误差。例如,采用乐观偏好可以将已有的属性较大的指标进一步扩大化,采用悲观偏好可以将属性较大的指标平均化。因此,可以通过偏好的设置对已设置的权值做调整,使评价的逻辑性更加严密。

然而,OWA 方法的应用并不意味着准则权重不

再重要。在本研究中,准则权重较大的几个指标图层直接决定了乐观偏好下的适宜性评价结果。按照对低丘缓坡建设用地开发背景的理解,本研究认为政策作用具有较大的影响力,那么有必要将城镇化的需求和耕地保护的权重赋予较高的权重。此外,对于一些明显的限制性虽强但并未通过法律进行约束的要素例如断裂带、河流,理应赋予较大的权重,否则其限制作用有可能被其他指标所抵消。由此可见,确定准则权重是 OWA 评价的关键环节,OWA 方法的分析结果依然高度依赖于 AHP 或者其他方法对准则权重设置的合理性。OWA 方法只能规避部分误差而不能纠正错误的准则权重设置,这也使其应用会受到一定程度的制约。

情景分析作为地理-生态过程的常用手段,有两种不同的结果归纳方式。一种是在所假设的几种情景里选取最优值,作为最终结果<sup>[20-21]</sup>;而另一种是通过几种情景的相互印证,归纳出一个综合全部利弊的结论<sup>[22-23]</sup>。在土地适宜性评价中,纯粹的生态建设、耕地保护、城市扩展对于地区而言都是不符合统筹发展需要的,现实中案例极少。作为决策支持不仅要考虑极端情景,还应当重视不同情景间的组合与阈值变化的过渡,通过互竞权衡发挥土地利用情景分析的现实意义<sup>[24]</sup>。在维持城市可持续发展的导向下,不仅要关注城镇化的生态与环境效应<sup>[25]</sup>,还要认识到生态空间格局的动态演变<sup>[26]</sup>。随着时间演变,进行政策微调在现实中是易于发生的,因此本研究倾向于通过情景间的组合得出一个综合性的结论。显然,应用 OWA 方法进行土地生态适宜性评价恰恰满足情景组合分析的理论要求。将评价者偏好作为政策波动因素带入权重体系中,一方面避免了传统情景分析中权重不确定性导致的误差;另一方面避免了情景的极化,对地区未来发展模式有良好的预见作用。因此,使用 OWA 方法评价土地生态适宜性不仅是可行的,而且是可以有效跟实际政策对接的。在 OWA 的应用体系下,本研究并不试图选出一种最优方案,而是倾向于描述在城市的不同发展阶段如何构建政策权衡后的城镇化空间格局,以满足不同决策思路下的建设用地开布局需求,具有相对较高的现实意义。

#### 5 结论

本研究基于所选择的 12 个低丘缓坡建设用地

开发适宜性指标,按照 OWA 算法对图层按照属性重新排序,对不同的排序位次赋予不同的次序权重,表征了从乐观到悲观 7 种评价者偏好下的建设用地开发适宜性评价。在乐观情况下,农用地、城镇、断裂带、河流等高风险指标权重被加大,空间特征明显;在悲观情况下,指标风险程度的可信度下降,评价结果的空间均质性增强。

按照 OWA 算法模拟城镇建设导向、维持现有政策、风险控制导向 3 种适宜性分区情景。在倾向于城镇建设的导向下,相对开发风险较小的中小城镇可以作为产业园区的优先选址地点;而在风险控制导向下,自然环境相对较好的中小城镇出于耕地和生境保护的目的是不能进行大规模扩张,而大城市周边由于存在刚性需求依然会有一部分建设用地开发的空間。通过描述在城市的不同发展阶段如何构建政策权衡后的城镇化空间格局,可以满足不同决策思路下的建设用地开发布局需求。

**致谢:**感谢北京大学城市与环境学院李双成教授对写作的帮助。

#### References:

- [ 1 ] Ni S X. Progress in the research on land evaluation in China during the latest ten years. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(6): 672-683.
- [ 2 ] Shi T G, Zheng G Q, Wang Z Y, Wang L L. Progress in Research on Land Suitability Evaluation in China. *Progress in Geography*, 2007, 26(2): 106-115.
- [ 3 ] Liu Y L, Jiao L M, Liu Y F, He J H. A self-adapting fuzzy inference system for the evaluation of agricultural land. *Environmental Modelling & Software*, 2013, 40: 226-234.
- [ 4 ] Gong J Z, Liu Y S, Chen W L. Land suitability evaluation for development using a matter-element model: A case study in Zengcheng, Guangzhou, China. *Land Use Policy*, 2012, 29(2): 464-472.
- [ 5 ] Wang H, Shen Q P, Tang B S, Skitmore M. An integrated approach to supporting land-use decisions in site redevelopment for urban renewal in Hong Kong. *Habitat International*, 2013, 38: 70-80.
- [ 6 ] McVicar T R, Van Niel T G, Li L T, Wen Z M, Yang Q K, Li R, Jiao F. Parsimoniously modelling perennial vegetation suitability and identifying priority areas to support China's re-vegetation program in the Loess Plateau: Matching model complexity to data availability. *Forest Ecology and Management*, 2010, 259(7): 1277-1290.
- [ 7 ] Greca P L, Rosa D L, Martinico F, Privitera R. Agricultural and green infrastructures: The role of non-urbanised areas for eco-sustainable planning in a metropolitan region. *Environmental Pollution*, 2011, 159(8/9): 2193-2202.
- [ 8 ] Ferretti V, Pomarico S. Ecological land suitability analysis through spatial indicators: An application of the Analytic Network Process technique and Ordered Weighted Average approach. *Ecological Indicators*, 2013, 34: 507-519.
- [ 9 ] Jeong J S, García-Moruno L, Hernández-Blanco J. A site planning approach for rural buildings into a landscape using a spatial multi-criteria decision analysis methodology. *Land Use Policy*, 2013, 32: 108-118.
- [ 10 ] Yager R R. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1988, 18(1): 183-190.
- [ 11 ] Fan Y, Liu G P. Comprehensive evaluation of circular economy development in Gansu Province. *Areal Research and Development*, 2012, 31(1): 20-23.
- [ 12 ] Hu Z W, Liu X X, Peng C, Wei L. Spatial multi-criteria decision making for house location selection by ordered weighted averaging approach. *Geographical Research*, 2013, 32(3): 476-486.
- [ 13 ] Liu W D, Yan W. Mild slope land exploitation of low mountains and hills in developed regions: with Yongkang City as an example. *Scientific and Technological Management of Land and Resources*, 2007, 24(3): 1-5.
- [ 14 ] Hutchinson M F. Anusplin Version 4. 2 User Guide. Canberra: Australian National University, 2001.
- [ 15 ] Shi X. Selection of bandwidth type and adjustment side in kernel density estimation over inhomogeneous backgrounds. *International Journal of Geographical Information Science*, 2010, 24(5): 643-660.
- [ 16 ] Wischmeier W H. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1971, 26(5): 189-193.
- [ 17 ] Zarghami M, Szidarovszky F. Fuzzy quantifiers in sensitivity analysis of OWA operator. *Computers and Industrial Engineering*. 2008, 54(4): 1006-1018.
- [ 18 ] Yager R R. Quantifier guided aggregation using OWA operators. *International Journal of Intelligent Systems*, 1996, 11(1): 49-73.
- [ 19 ] Yager R R. Nonmonotonic OWA operators. *Soft Computing*, 1999, 3(3): 187-196.
- [ 20 ] Tong K K, Ma K M. Significant impact of job-housing distance on carbon emissions from transport: a scenario analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(10): 2975-2984.
- [ 21 ] Bai Y, Zheng H, Zhuang C W, Ouyang Z Y. Ecosystem services valuation and its regulation in Baiyangdian basin: Based on InVEST model. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(3): 711-717.
- [ 22 ] Yin H W, Kong F H, Qi Y, Wang H Y, Zhou Y N, Qin Z M. Developing and optimizing ecological networks in urban agglomeration of Hunan Province, China. *Acta Ecologica Sinica*,

2011, 31(10): 2863-2874.

- [23] Xiao X, Zhang J, Lu J Y, Zhong S E, Yin L J. Analysis on spatial structure and scenarios of carbon dioxide emissions from tourism transportation. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(23): 7540-7548.
- [24] Li P, Jiang L G, Feng Z M, Yu X B. Research progress on trade-offs and synergies of ecosystem services: an overview. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(16): 5219-5229.
- [25] Xie M M, Wang Y L, Fu M C. An overview and perspective about causative factors of surface urban heat island effects. *Progress in Geography*, 2011, 30(1): 35-41.
- [26] Gong J, Xie Y C, Sun P, Jie Y W. Spatio-temporal change on township scale of Jinta oasis in the latest 20 years. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(11): 3470-3479.
- 参考文献:
- [1] 倪绍祥. 近 10 年来中国土地评价研究的进展. *自然资源学报*, 2003, 18(6): 672-683.
- [2] 史同广, 郑国强, 王智勇, 王林林. 中国土地适宜性评价研究进展. *地理科学进展*, 2007, 26(2): 106-115.
- [11] 樊元, 刘国平. 甘肃省循环经济发展水平综合评价. *地域研究与开发*, 2012, 31(1): 20-23.
- [12] 胡卓玮, 刘晓旭, 彭程, 魏隼. 基于次序权重平均法的购房选择地理空间多准则决策. *地理研究*, 2013, 32(3): 476-486.
- [13] 刘卫东, 严伟. 经济发达地区低丘缓坡土地资源合理开发利用: 以浙江省永康市为例. *国土资源科技管理*, 2007, 24(3): 1-5.
- [20] 童抗抗, 马克明. 居住-就业距离对交通碳排放的影响. *生态学报*, 2012, 32(10): 2975-2984.
- [21] 白杨, 郑华, 庄长伟, 欧阳志云, 徐卫华. 白洋淀流域生态系统服务评估及其调控. *生态学报*, 2013, 33(3): 711-717.
- [22] 尹海伟, 孔繁花, 祈毅, 王红扬, 周艳妮, 秦正茂. 湖南省城市群生态网络构建与优化. *生态学报*, 2011, 31(10): 2863-2874.
- [23] 肖潇, 张捷, 卢俊宇, 钟士恩, 尹立杰. 旅游交通碳排放的空间结构与情景分析. *生态学报*, 2012, 32(23): 7540-7548.
- [24] 李鹏, 姜鲁光, 封志明, 于秀波. 生态系统服务竞争与协同研究进展. *生态学报*, 2012, 32(16): 5219-5229.
- [25] 谢苗苗, 王仰麟, 付梅臣. 城市地表温度热岛影响因素研究进展. *地理科学进展*, 2011, 30(1): 35-41.
- [26] 巩杰, 谢余初, 孙朋, 颀耀文. 乡镇尺度金塔绿洲时空格局变化. *生态学报*, 2013, 33(11): 3470-3479.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.12 June, 2014 (Semimonthly)**  
**CONTENTS**

Development history and future research priorities of landscape ecology in China .....	CHEN Liding, LI Xiuzhen, FU Bojie, et al (3129)
Research review on effects of urban landscape pattern changes on water environment .....	HUANG Shuo, GUO Qinghai (3142)
A review of multifunctional landscape .....	TANG Qian, DING Shengyan (3151)
Compact development of space-limited city: a case study of Xiamen Island .....	HUANG Shuo, GUO Qinghai, TANG Lina (3158)
Analysis of factors contributing to the cooling effects of Purple Mountain Forest Park .....	YAN Weijiao, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3169)
Impacts of structure characteristics on the thermal environment effect of city parks .....	FENG Yueyi, HU Tangao, ZHANG Lixiao (3179)
Suitability assessment for building land consolidation on gentle hillside based on OWA operator: a case in Dali Bai Nationality Borough in Yunnan, China .....	LIU Yanxu, PENG Jian, HAN Yinan, et al (3188)
Optimization of land use pattern based on eco-security: a case study in the Huangfuchuan watershed .....	YU Feng, LI Xiaobing, WANG Hong (3198)
Analysis of land use/cover change from 2000 to 2010 and its driving forces in Manas River Basin, Xinjiang .....	LIU Jinwei, JIN Tiantian, LIU Guohua, et al (3211)
Dynamic trend analysis of land use change in the Ganjiang upstream watershed by using RS and GIS techniques .....	LU Yanfei, PENG Fang, WAN Yun, et al (3224)
Landscape pattern dynamics and driving forces analysis in the Sanjiang Plain from 1954 to 2010 .....	LIU Jiping, ZHAO Dandan, TIAN Xuezhi, et al (3234)
Optimizing theory and case studies of cultivated slope land in the center of three gorges reservoir area based on patch-scale land evaluation .....	WANG Yongyan, LI Yangbing, SHAO Jingan, et al (3245)
Spatial-temporal evolution of land use and landscape pattern of the mountain-basin system in Guizhou Province .....	LI Yangbing, YAO Yuanwen, XIE Jing, et al (3257)
Spatio-temporal simulation of land cover scenarios in southwestern of China .....	LI Jing, FAN Zemeng, YUE Tianxiang (3266)
Gradient analysis of dry valley of Minjiang River landscape pattern, based on moving window method .....	ZHANG Lingling, ZHAO Yonghua, YIN Sha, et al (3276)
Study on spatio-temporal change of Tibetan Antelope's habitat based on vegetation coverage .....	ZHAO Haidi, LIU Shiliang, DONG Shikui, et al (3285)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping field in a grove Karst region, Southwest China .....	FAN Fujing, HUANG Guoqin, SONG Tongqing, et al (3293)
Characteristics of soil microbial populations and biomass under different ecosystems in a canyon karst region .....	TAN Qiujin, SONG Tongqing, PENG Wanxia, et al (3302)
Spatial and temporal dynamics of land use and its influence on ecosystem service value in Yangtze River Delta .....	LIU Guilin, ZHANG Luocheng, ZHANG Qian (3311)
Evaluation of tourism dynamic landscape along Qinghai-Tibet railway based on the visual corridor .....	ZHANG Ruiying, XI Jianchao, YAO Yulong, et al (3320)
A study of spatial evolution characteristics of rural settlements and influences of landscape patterns on their distribution using GIS and RS .....	REN Ping, HONG Buting, LIU Yin, et al (3331)

- Assessing the ecosystem conservation status and priority: a case study from Jiangxi Province, China ..... FAN Naiqing, ZHANG Yuxin, LÜ Yihe, et al (3341)
- The impact of salt marsh change on sediment accumulation and wave attenuation at the East Chongming Island ..... REN Linjing, LI Xiuzhen, YANG Shilun, et al (3350)
- Landscape classification system based on climate, landform, ecosystem; a case study of Xinjiang area ..... SHI Qingdong, WANG Zhi, HE Longmei, et al (3359)
- Analysis of landscape pattern evolution characteristic in the hilly and gully area of loess plateau; a case study in Yan'an City, Shaanxi Province ..... ZHONG Lina, ZHAO Wenwu, LV Yihe, et al (3368)
- Analysis of the characteristics of agro-landscape heterogeneity under the different disturbances; a case study of Gongyi City ..... ZHANG Xiaoyang, LIANG Guofu, DING Shengyan (3378)
- Classification and ordination of grassland landscape in the Shanxi Plateau ..... ZHANG Xianping, LI Zhiqin, WANG Mengben, et al (3386)
- Analysis of factors affecting mountainous land surface temperature in the summer; a case study over Mount Tai ..... SUN Changfeng, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3396)
- Research on spatial distribution and influencing factor of soil moisture in typical depression area of karst region ..... ZHANG Jiguang, SU Yirong, CHEN Hongsong, et al (3405)
- Landscape heterogeneity of mountainous and hilly area in the western Henan Province based on moving window method ..... LI Dongke, DING Shengyan, LIANG Guofu, et al (3414)
- Trends in vegetation and their responses to climate and topography in northwest Guangxi ..... TONG Xiaowei, WANG Kelin, YUE Yuemin, et al (3425)
- Landscape pattern analysis on change of fractional vegetation cover between karst and no-karst areas; a case study in Hechi District, Guangxi Zhuang Autonomous Region ..... WANG Mingchong, WANG Xizhi, LIANG Zhaoxiong, et al (3435)
- Multi-scale effects for landscape metrics and species diversity under the different disturbance; a case study of Gongyi City ..... DONG Cuifang, LIANG Guofu, DING Shengyan, et al (3444)
- Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen concentrations in a *Lithocarpus glaber-Cyclobalanopsis glauca* evergreen broadleaved forest ..... YANG Dan, XIANG Wenhua, FANG Xi, et al (3452)
- The characteristics and regeneration of the *Choerospondias axillaries* broad-leaved community in the hilly region of central Hunan Province, China ..... YI Hao, DENG Xiangwen, XIANG Wenhua, et al (3463)
- Factors influencing the spatial distribution of vegetation carbon density in karst landscapes of Northwest Guangxi; a case study based on radial basis function network model ..... ZHANG Mingyang, WANG Kelin, DENG Zhenhua, et al (3472)

# 《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 12 期 (2014 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 12 (June, 2014)

**编 辑** 《生态学报》编辑部  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085  
电话:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

**主 编** 王如松

**主 管** 中国科学技术协会

**主 办** 中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂

**发 行** 科 学 出 版 社  
地址:东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717  
电话:(010)64034563  
E-mail: journal@cspg.net

**订 购** 全国各地邮局

**国外发行** 中国国际图书贸易总公司  
地址:北京 399 信箱  
邮政编码:100044

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**Edited** by Editorial board of  
ACTA ECOLOGICA SINICA  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China  
Tel: (010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

**Editor-in-chief** WANG Rusong

**Supervised** by China Association for Science and Technology

**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

**Distributed** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@cspg.net

**Domestic** All Local Post Offices in China

**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元