

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第6期 Vol.34 No.6 **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 6 期 2014 年 3 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 全球气候变暖对凋落物分解的影响..... 宋 飘,张乃莉,马克平,等 (1327)
- 从系统到景观:区域物质流分析的景观取向 张晓刚,曾 辉 (1340)
- 论湿地生态系统服务的多维度价值评估方法..... 宋豫秦,张晓蕾 (1352)
- 保幼激素在昆虫中的分子作用机理..... 金敏娜,林欣大 (1361)
- 岩画和壁画类文物微生物病害研究进展..... 李 强,葛琴雅,潘晓轩,等 (1371)
- 基于 3S 技术的图们江流域湿地生态安全评价与预警研究 朱卫红,苗承玉,郑小军,等 (1379)
- 跨界保护区网络构建研究进展..... 王 伟,田 瑜,常 明,等 (1391)

个体与基础生态

- 速生树种尾巨桉和竹柳幼苗耗水特性和水分利用效率..... 邱 权,潘 昕,李吉跃,等 (1401)
- 三种增温情景对入侵植物空心莲子草形态可塑性的影响..... 褚延梅,杨 健,李景吉,等 (1411)
- 气象要素及土壤理化性质对不同土地利用方式下冬夏岩溶作用的影响 刘 文,张 强,贾亚男 (1418)
- 施用纳米碳对烤烟氮素吸收和利用的影响..... 梁太波,尹启生,张艳玲,等 (1429)
- 基于 Voronoi 图的林分空间模型及分布格局研究 刘 帅,吴舒辞,王 红,等 (1436)
- 近自然毛竹林空间结构动态变化..... 仇建习,汤孟平,沈利芬,等 (1444)
- 基于种实性状的无患子天然群体表型多样性研究..... 刁松峰,邵文豪,姜景民,等 (1451)
- 不同林分起源的相容性生物量模型构建..... 符利勇,雷渊才,孙 伟,等 (1461)

种群、群落和生态系统

- 毛竹材用林林下植被群落结构对多花黄精生长的影响..... 樊艳荣,陈双林,杨清平,等 (1471)
- 温度和 CO₂ 浓度升高下转 *Bt* 水稻种植对土壤活性碳氮和线虫群落的短期影响
..... 陈 婧,陈法军,刘满强,等 (1481)
- 中国东北地区近 50 年净生态系统生产力的时空动态 李 洁,张远东,顾峰雪,等 (1490)
- 遥感与 GIS 支持下的盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价..... 董张玉,刘殿伟,王宗明,等 (1503)
- 秦岭火地塘林区土壤大孔隙分布特征及对导水性能的影响..... 陆 斌,张胜利,李 侃,等 (1512)
- 磷浓度对铜绿微囊藻、大型溞和金鱼藻三者相互作用的影响..... 马剑敏靳 萍,郭 萌,等 (1520)
- 普生轮藻浸提液对两种淡水藻类的化感抑制作用及其数学模型..... 何宗祥,刘 璐,李 诚,等 (1527)
- 北京永定河-海河干流河岸带植物的区系分析 修 晨,欧阳志云,郑 华 (1535)
- 基于河流生境调查的东河河流生境评价..... 王 强,袁兴中,刘 红,等 (1548)

景观、区域和全球生态

应用 SWAT 模型研究潮河流域土地利用和气候变化对径流的影响 郭军庭,张志强,王盛萍,等 (1559)

长白山不同海拔树木生长对气候变化的响应差异..... 陈 力,尹云鹤,赵东升,等 (1568)

石家庄市空气花粉散布规律及与气候因子的关系..... 李 英,李月丛,吕素青,等 (1575)

不同放牧梯度下呼伦贝尔草甸草原土壤碳氮变化及固碳效应..... 闫瑞瑞,辛晓平,王 旭,等 (1587)

南四湖区农田土壤有机质和微量元素空间分布特征及影响因素..... 武 婕,李玉环,李增兵,等 (1596)

资源与产业生态

跨国土地利用及其生态影响 陆小璇 (1606)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2014-03



封面图说: 图们江河流中段——图们江位于吉林省东南边境,发源于长白山东南部的石乙水,河流的绝大部分是中国与朝鲜的界河,下游很小一段为俄罗斯与朝鲜的界河,并由这里流入日本海,我国珲春距离日本海最近的地方仅有 15km。图们江是我国重要的国际性河流之一,随着我国经济的迅速崛起,图们江地区进入到多国合作联合开发阶段,湿地生态系统处于中度预警状态,并有向重度预警发展的趋势,生态安全面临的威胁越来越严重。对该区域进行湿地生态安全评价与预警研究,可为图们江流域生态环境的可持续发展提供依据。图中河道的远方为朝鲜、河道近方为中国。

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/stxb201210281494

董张玉, 刘殿伟, 王宗明, 任春颖, 张 玲, 汤旭光, 贾明明, 丁智. 遥感与 GIS 支持下的盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价. 生态学报, 2014, 34(6): 1503-1511.

Dong Z Y, Liu D W, Wang Z M, Ren C Y, Zhang L, Tang X G, Jia M M, Ding Z. Assessment of the habitat suitability for waterfowls in the Panjin, Liaoning with GIS and remote sensing. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(6): 1503-1511.

遥感与 GIS 支持下的盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价

董张玉^{1,2}, 刘殿伟^{1,*}, 王宗明¹, 任春颖¹, 张 玲³, 汤旭光^{1,2},
贾明明^{1,2}, 丁 智^{1,2}

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 天津市勘察院, 天津 300191)

摘要: 盘锦湿地位于辽河三角洲的核心地带, 是重要的水禽栖息地。受自然和人类活动的影响, 该地区水禽栖息的生境面积不断缩小, 致使湿地生态系统受到严重破坏, 生物种群数量急剧下降。在此背景下, 以 GIS/RS 为技术手段, 根据盘锦湿地环境特点, 采用层次分析法, 从干扰条件、水源状况、遮蔽物以及食物丰富度 4 个方面对盘锦湿地水禽栖息地适宜性进行空间分析, 再按照不同指标因子的等级划分, 得到适宜性最好、适宜性良好、适宜性一般以及适宜性最差 4 个等级的盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价图。结果表明: (1) 盘锦湿地水禽栖息地适宜性最好、适宜性良好、适宜性一般、适宜性差的面积分别为 803.79, 913.47, 905.29, 1023.65 hm², 分别占总面积的 22.04%, 25.05%, 24.83%, 28.07%; (2) 前三类总面积为 2622.55 hm², 占 71.93%, 说明盘锦地区水禽栖息的适宜地区较多, 主要分布于流域、河漫滩等人为干扰较少的芦苇湿地以及食物和水源比较充足的大面积耕地中; (3) 基于遥感分析和 GIS 空间分析技术, 能有效、简便地对湿地生态环境处于快速动态变化中的水禽栖息地适宜性进行快速、客观准确的评价分析, 其结果能为盘锦湿地水禽种群及其生存环境的规划、保护、管理和决策提供数据支持和科学依据。

关键词: 栖息地适宜性; 遥感与 GIS; 生物多样性保护; 盘锦湿地

Assessment of the habitat suitability for waterfowls in the Panjin, Liaoning with GIS and remote sensing

DONG Zhangyu^{1,2}, LIU Dianwei^{1,*}, WANG Zongming¹, REN Chunying¹, ZHANG Ling³, TANG Xuguang^{1,2}, JIA Mingming^{1,2}, DING Zhi^{1,2}

1 Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, University of Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Tianjin Institute of Geotechnical Investigation & Surveying 300191, China

Abstract: Panjin is home to an important waterfowl habitat located in the core of Liaohe Delta. Because of natural and human activities, however, the waterfowl habitat in the area is deteriorating, and the wetland ecological system is degenerating. Biological populations are also declining. In this context, we analyzed and assessed the condition of the waterfowl habitat in Panjin. Analytic hierarchy process, combined with the spatial analysis function of geographical information systems (GIS) as well as remote sensing (RS) image data, was used. Key factors that directly affected foraging and resting of waterfowls were identified, including degree of disturbance (density of roads and residence areas), water situation (density of lakes and rivers), food abundance, and shelter conditions (land cover and slope). Four levels of

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 (2012CB956103); 中国科学院国家外国专家局创新团队国际合作伙伴计划 (KZZD-EW-TZ-07); 国家水体污染控制与治理科技重大专项 (2012ZX07207-004)

收稿日期: 2012-10-28; 修订日期: 2014-02-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ldwdbdls@126.com

habitat suitability for waterfowls were determined in spatial scale: best, good, average, and bad. Results showed that (1) the areas of waterfowl habitat classified as best, good, average, and bad are 803.79, 913.47, 905.29, 1023.65 ha, which represent 22.04%, 25.05%, 24.83%, and 28.07% of the total area, respectively. (2) The former three types covered about 2622.55 ha or 71.93% of the total area. This finding indicates that abundant land suitable for waterfowl habitat can be found in Panjin. This land mainly comprises wetland and is a largely cultivated land with less human disturbance. (3) This study also demonstrated the use of RS and GIS to evaluate objectively and efficiently the suitability of a waterfowl habitat within a rapidly changing environment. The results of this study can provide valuable insights into environmental planning, conservation, and management of the waterfowl habitat in the Panjin area.

Key Words: habitat suitability; RS and GIS; biodiversity conservation; Panjin wetland

近年来,生态环境稳定性与人类社会发展的不协调程度明显增加^[1],从而引起一系列的生态环境问题,如自然和人为因素引起的生境丧失与生境破碎化已严重影响野生动物的生存与发展^[2-3]。湿地水禽是湿地生态系统中重要的组成部分^[4],对维持湿地生态系统的稳定性具有重要的作用^[5]。但人类高强度的农业开发使得湿地环境遭到严重破坏,同时,对湿地水禽的生存环境也造成了巨大的压力^[6]。因此,为了恢复生态系统的稳定性,有效的保护湿地水禽,结合相关分析技术对湿地水禽栖息地适宜性进行评价具有重要的意义,也是当今研究的热点之一^[7]。

国内外学者根据湿地的特征,结合湿地水禽栖息地对环境的需求,从水禽栖息地特征识别、适宜性分析和空间分布的角度开展了一些研究。最早在 20 世纪 60 年代末,采用栖息地适宜性指数作为衡量栖息地优劣的指标,但仅从整体上做出推断,而不能从空间格局特征的角度加以分析^[8-10]。Hepinstall^[11]等结合影像纹理特征和光谱值构建鸟类分布的预测模型,结果表明通过影像的纹理特征能反映植被和生境的异质性,从而可以预测物种的空间分布特征。在此基础上,孔博^[12]等结合水禽的生态环境特征,采用土地利用、地形图、植被图等参数来评价建三江水禽栖息地的适宜性,并采用 *K-mean* 聚类算法确定适宜性等级,结果表明了该方法的有效性。田波^[13-14]等采用面向对象的分割方法确定评价单元实现了崇明东滩迁徙鸟类生境适宜性分析。邹丽丽^[15]等采用逻辑斯蒂回归模型对鹭科水鸟的栖息地进行适宜性评价,为栖息地适宜性分析提供参考。以往的研究对野生动物栖息地适宜性评价的进一步探索起到了重要推动作用,但普遍存在以下问题:首

先,广泛地应用遥感信息提取和 GIS 空间分析技术,在大尺度上简单、直观、方便和准确的对栖息地适宜性进行分析^[16],能极大地提高适宜性评价效率,但目前此类研究相对较少;其次,评价因子的选取是适宜性分析的关键,但当前的研究很少结合水禽的生境环境进行指标因子的选取。

论文在前人研究的基础上,选择盘锦地区作为研究区域,以遥感和 GIS 为技术支撑,结合水禽栖息地的环境特征以及环境状况,选择影响水禽栖息的水源状况(河流密度和湖泊密度)、干扰条件(道路密度和居民点聚集度)、食物丰富度(NDVI)以及遮蔽物状况(土地利用)作为评价指标,采用层次分析法确定各因子权重,再结合 GIS 的空间分析手段,实现盘锦湿地水禽栖息地适应性的空间分析。从而为盘锦地区生物多样性的保护和生态环境的改善提供基础性的科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

盘锦湿地位于松辽平原南部,东起大辽河口,西至大凌河口,位于 121°25'—122°31'E, 40°39'—41°27'N,总面积 3646.64 km²,处于辽河三角洲的核心地带(图 1)。盘锦属暖温带大陆性半湿润季风气候,年平均气温 8.6°C,年平均降雨量 631 mm。年日照时间在 2700 h 以上。区域地貌类型以冲积平原和潮滩为主,由于区内成土物质主要来源于河水携带的大量泥沙沉积,土壤以沼泽土、盐土、潮滩土为主。盘锦湿地植物区系属华北植物区,分布种类比较单一,主要由盐沼和耐盐植物组成,其中芦苇为优势种类^[17]。盘锦湿地类型主要包括芦苇沼泽、管理苇田、香蒲苇田、滩涂、湿草甸、水稻田和虾蟹田,这些

湿地中有白鹤、黑鹤、白尾海雕、白天鹅和丹顶鹤等国家一类保护的珍稀水禽,因此,盘锦是重要的水禽栖息地。

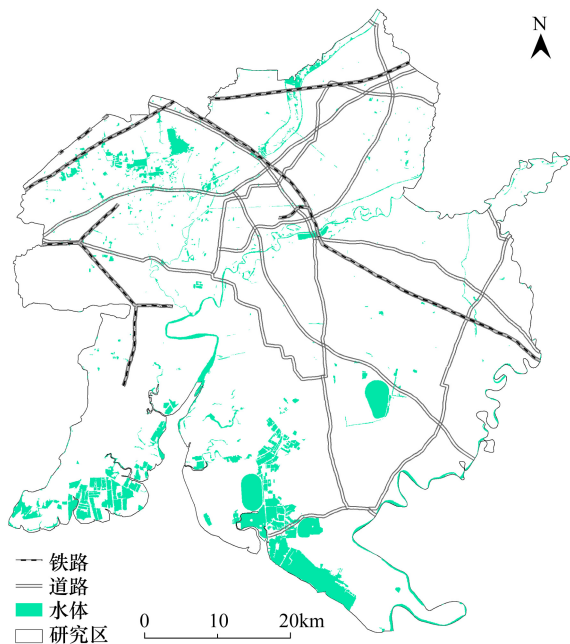


图 1 研究区域示意图

Fig.1 Sketch map of the study area

1.2 数据来源及预处理

文章涉及的数据包括 2010 年研究区土地利用数据;河流、湖泊、道路密度数据;以及盘锦地区 2010 年 TM(432)数据(图 2)。

盘锦地区 2010 年土地覆盖数据采用面向对象分类的方法,由 TM 与中巴资源卫星 CBERS 遥感影像经人工目视解译得到。面向对象分类方法主要包括两个步骤^[18]:影像分割和分类规则的设定。影像分割主要涉及分割尺度、形状权重等参数的设定。经过多次试验,本文具体分割参数选择如下:颜色(光谱)权重为 0.8,形状权重为 0.2,其中光滑度权重为 0.9,紧凑度权重为 0.1,分割尺度为 10。盘锦地区土地覆盖分类规则主要包括:植被指数、亮度指数、形状比等。按照以上步骤,得到 7 种一级土地利用类型,分别为林地、草地、湿地、水体、人工表面、耕地以及裸地(图 3)。经过野外采样点验证,得知盘锦地区各土地利用类型的总体精度约为 91%,满足本研究的需求。表 1 显示了各类型面积及其占总面积比例,其中,耕地和湿地是区域内的主要地物类型,分别为 2028.35、713.20hm²,占区域总面积的

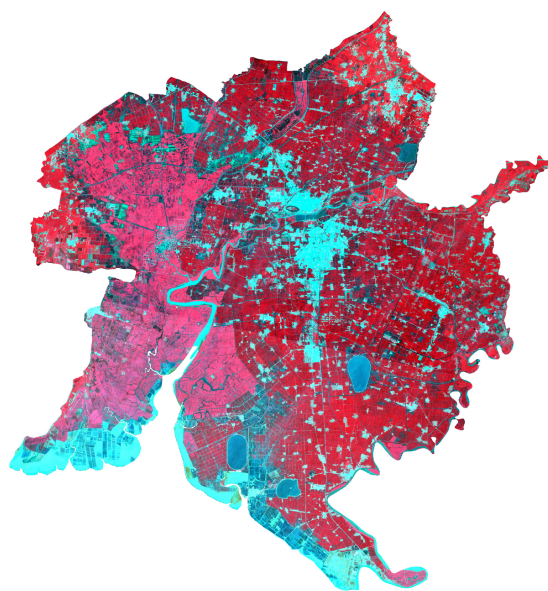


图 2 盘锦地区 TM 影像(432 波段)

Fig.2 TM image data (432 bands) for 2010 in Panjin

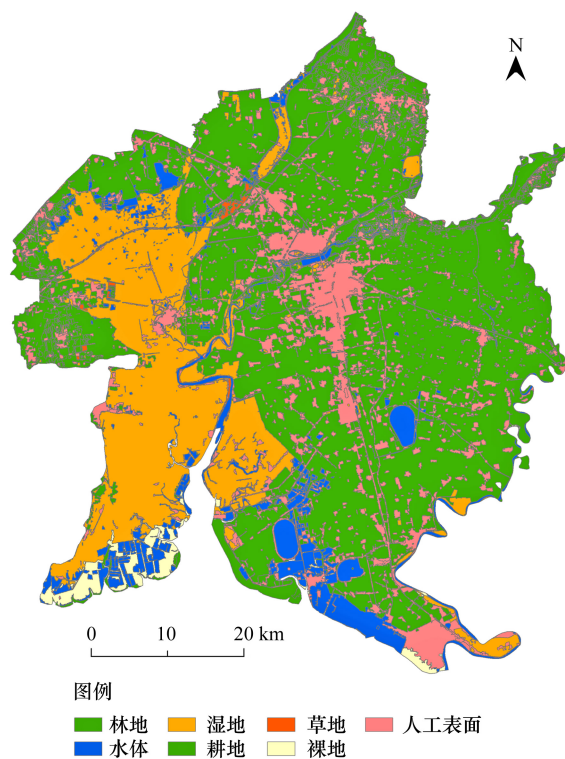


图 3 盘锦地区 2010 年土地利用现状图

Fig.3 The land cover data for 2010 in Panjin

75.18%,湿地主要集中分布于滨海地区,属于芦苇沼泽湿地。耕地分布于整个盘锦地区。区域内仅有少量的林地、裸地、草地。

表 1 盘锦地区 2010 年土地覆盖数据

Table 1 The landuse data of Panjin in 2010

土地利用类型 Land cover type	林地 Forest	耕地 Cropland	湿地 Wetland	草地 Grassland	人工表面 Build-up Land	水体 WaterBody	裸地 Barren Land	总和 Total
类型面积 Area/hm ²	25.75	2028.35	713.20	9.34	546.30	266.65	57.05	3646.64
面积比例 Percentage/%	0.71	55.62	19.56	0.26	14.98	7.31	1.56	100

文中河流、湖泊、道路矢量数据从盘锦地区 2010 年土地覆盖数据提取得到,以上数据均被统一到同一坐标系和投影之下。所采用的投影为 UTM 投影,并采用全国统一的中央经线,中央经线为东经 105°,所有数据都被统一成 30 m×30 m 栅格大小的 Grid。

1.3 研究方法

1.3.1 适宜性评价流程

结合水禽栖息地对环境的要求,首先确定影响盘锦湿地水禽栖息地的评价因子,其次,采用层次分析法确定各因子权重,在此基础上,对各指标因子进

行等级划分,再结合 Arcgis 空间分析进行叠加,得到盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价图。

考虑到定性数据和定量数据的标准化统一计算,对适宜性指数采用百分制形式(0—100)进行量化分级,即适宜性最好(100—75)、适宜性良好(75—50)、适宜性一般(50—25)、适宜性差(25—0)等 4 个等级,最终确定适宜性最好、适宜性良好、适宜性一般、适宜性差 4 个等级,具体的流程如图 4 所示。

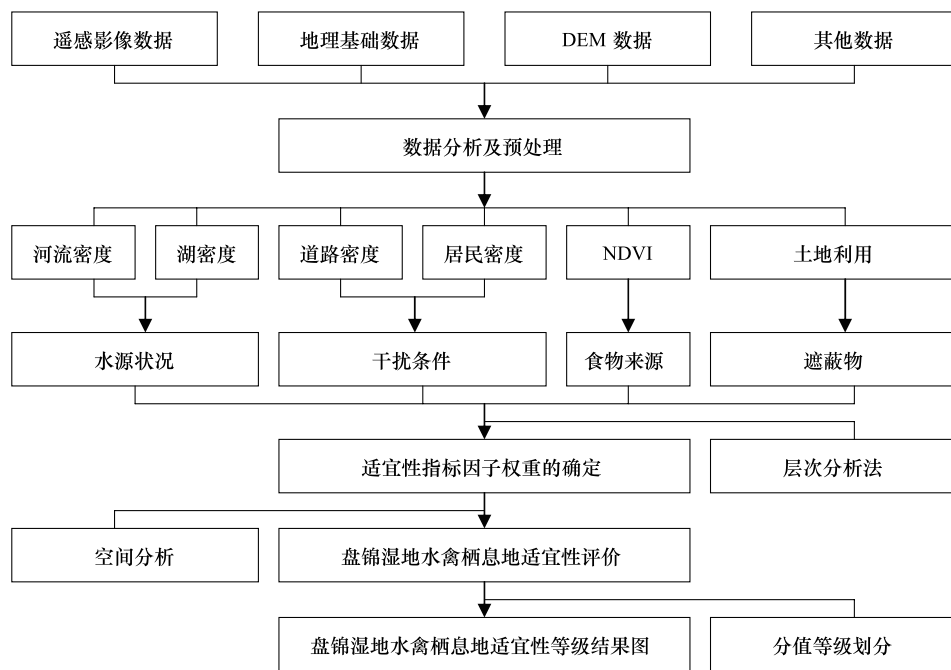


图 4 盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价流程图

Fig.4 The work flowchart for waterfowls habitat suitability analysis in Panjin

1.3.2 适宜性评价因子选取

评价因子选取是水禽栖息地适宜性评价的关键之一^[19]。结合盘锦湿地的分布特点,针对水禽栖息地的环境特征,论文中盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价因子选取的原则:(1)选取对水禽有直接影响的因素,如食物丰富度、水源等;(2)由于盘锦区域

尺度较小,对于影响水禽栖息地的气候等大尺度因素不作为评价因子。基于以上两个原则,选择直接影响水禽栖息地的水源状况、干扰条件、遮蔽物以及食物丰富度四个以及评价指标,其中,水禽栖息的一个重要影响因子是水源的充足,因此,水源状况是水禽栖息地的重要指标,选取河流密度、湖泊密度作为二级指标;干扰条件主要是人类活动的影响,以道路

密度、居民点密度为二级指标;遮蔽物显示水禽躲避外来物种侵害的状况,选取土地利用类型为二级指标;食物丰富度也是水禽栖息的一个重要指标,水禽的食物来源主要是植物,因此选取 NDVI 作为二级指标。最终建立盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价的主要影响因子的指标体系。

1.3.3 评价因子权重确定

采用层次分析法确定各指标因子的权重,具体适宜性计算公式如下^[20-21]:

$$HSI = \sum_{i=1}^n w_i f_i \quad (1)$$

其中,HSI 为盘锦湿地水禽栖息地的适宜性;n 为指标因子的个数, w_i 为指标权重, f_i 为指标因子计算值。具体的因子权重如表 2 所示。

表 2 盘锦湿地水禽栖息地各影响因子权重表

Table 2 The weights of each factor for the waterfowls in Panjin

目标层 Objective Level	准则层 Criterion Level		决策层 Decision Level	
	影响因子 Factors	权重 Weights	影响因子	权重
盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价 Habitat suitability analysis in Panjin	水源状况	0.3	河流密度	0.35
			湖泊密度	0.65
	干扰因子	0.2	道路密度	0.45
			居民点密度	0.55
	遮蔽物	0.2	土地利用类型	1.00
	食物丰富度	0.3	NDVI	1.00

2 结果与分析

2.1 适宜性评价因子获取

采用 GIS 空间分析技术,获取盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价的指标因子,主要包括:水源状况(河流密度、湖泊密度)、干扰条件(道路密度、居民点密度)、食物丰富度(NDVI 数据)以及遮蔽物(土地利用数据)。

(1) 水源状况

水的充足是水禽栖息的基本前提,选择河流、湖泊密度作为水源状况,河流、湖泊数据由 2010 年土地覆盖数据提取得到,再通过 Arcgis9.3 的 density 功能得到盘锦地区河流、湖泊密度图(图 5)。

(2) 干扰条件

水禽栖息地主要是受人为干扰,人类活动频繁对栖息地影响较大,因此选取居民点和道路密度作为水禽栖息地适宜性的干扰条件因子,居民点和道路密度越大,水禽栖息地适宜性越差。居民点和道路数据由 2010 年土地覆盖数据提取得到。在 ArcGIS 9.3 数据处理平台下,利用 Line Density 命令分别生成居民点、道路密度图(图 5)。

(3) 食物丰富度

食物丰富度是另一个影响水禽栖息的重要因子。NDVI 是一种典型的植被指数,能很好的反映植

物生长状况,因此可以作为水禽栖息地的食物因子,NDVI 值越大,表示作物越丰富,水禽食物来源越充足。NDVI 具体的计算公式为:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (2)$$

其中,NIR 为近红外波段;R 为红波段。采用 TM432 波段提取 NDVI(图 5)。

(4) 遮蔽物

遮蔽物主要是考虑水禽躲避其他物种的侵害,选择土地利用作为遮蔽物指标因子。就遮蔽物因子而言,土地利用中湿地的遮蔽效果最好;其次为耕地、草地;裸地最差。土地利用数据如图 3 所示。

根据各评价因子的结果图,结合湿地水禽栖息地的特征,对各适宜性评价指标因子进行等级划分,地类适宜度评价等级如表 3 所示,河流、湖泊、道路、居民点密度,NDVI 等级划分如表 4 所示。

2.2 水禽栖息地适宜性评价

在以上适宜性评价因子计算结果的基础上,结合 GIS 的空间分析手段,实现盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价。河流密度、湖泊密度图表示湿地水禽的水源状况,密度越大,水源越充足。道路密度和居民点密度表示人为的干扰条件,密度值与栖息地适宜性负相关。NDVI 表征了水禽的食物来源,NDVI 值与栖息地的适宜性呈现正相关。土地利用度表示

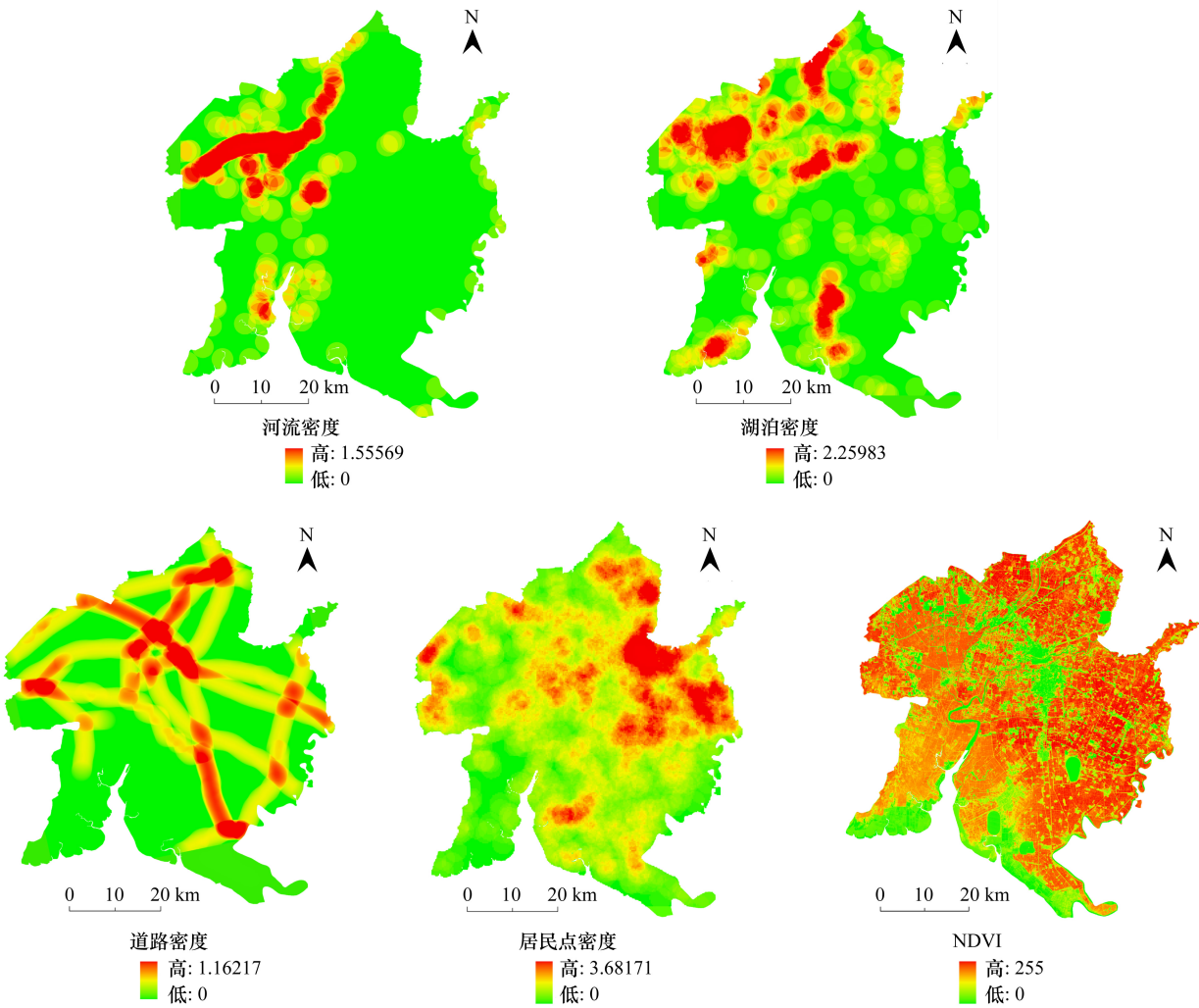


图 5 盘锦水禽栖息地适宜性评价因子分布图

Fig.5 The distribution plot of Panjin wetland habitat suitability evaluation factors

表 3 盘锦湿地水禽栖息地适宜性分析各种地类适宜度评价表

Table 3 The grading system of land covers for waterfowls

土地利用类型 Land use type	湿地	耕地	草地	林地	水体	裸地	人工表面
评价指标 Index	适宜性最好		适宜性良好		适宜性一般		适宜性差

表 4 盘锦湿地水禽栖息地适宜性分析定量因子适宜度评价表

Table 4 Assessment criteria for waterfowls habitat suitability analysis in Panjin

评价指标 Index	适宜性最好	适宜性良好	适宜性一般	适宜性差
	The best suitability	The good suitability	Suitability	The poor suitability
湖泊密度 Lake density	1.8—2.3	1.2—1.8	0.6—1.2	0—0.6
河流密度 River density	1.2—1.6	0.8—1.2	0.4—0.8	0—0.4
道路密度 Road density	0—0.3	0.3—0.6	0.6—0.8	0.8—1.2
居民点密度 Residential density	0—0.9	0.9—1.8	1.8—2.7	2.7—3.7
NDVI	190—255	130—190	70—130	0—70
坡度 Slope	60—74	40—60	23—40	0—23

了水禽栖息的遮蔽状况。不同指标因子以栅格象元为计算单元,根据不同因子的权重,进行加权叠加,

最终得到水禽栖息地适宜性的空间分布,评价单元的结果值越大,表征适宜性越好。单元的值越小说

明水禽栖息地适宜性越差。将计算结果同样按照评价等级指标划分为四级,即将水禽栖息地评价分为适宜性最好(100—75)、适宜性良好(75—50)、适宜性一般(50—25)、适宜性差(25—0) 4 个等级。在 GIS 的支持下,得到盘锦湿地水禽栖息地适宜性分析结果图(图 6)。对各适宜性等级单元进行计算,分别得到适宜性等级的分布面积(表 5)。

3 讨论

数据显示,盘锦湿地水禽栖息地的适宜性土地较多,几乎占区域总面积的一半,这与盘锦湿地的保护措施有关,大面积的自然芦苇湿地受到保护,人类干预少,适宜水禽栖息。但是为了进一步缓解人类生产的发展与生态环境安全之间的矛盾,还需进一步加强生物多样性的保护,维持区域生态系统的稳定。在实施湿地恢复、优化的建设中,需要科学合理的规划和制定退耕还林、还湿等政策,在促进农民改善生计方式的同时,尽可能的避免和消除人类活动给生态环境带来的压力^[14]。

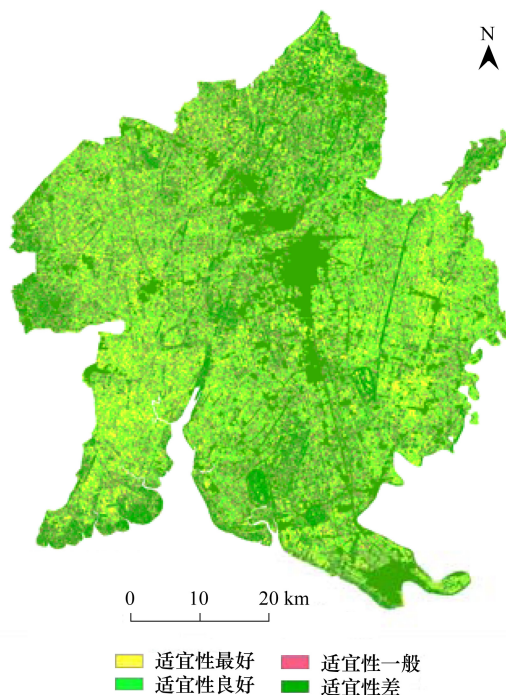


图 6 盘锦地区水禽栖息地适宜性分级图

Fig.6 The integrated classification plot of Panjin waterfowls habitat suitability evaluation

表 5 盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价面积统计表

Table 5 The area of each grade of habitat suitability for the waterfowls in the Panjin wetland

评价等级 Grade	适宜性最好	适宜性良好	适宜性一般	适宜性差
面积 Area/hm ²	803.79	913.47	905.29	1023.65
百分比 Percentage/%	22.04	25.05	24.83	28.07

在水禽栖息地适宜性评价过程中,指标的选取是其中关键步骤之一,指标选取的合理性直接影响评价的结果。但是在实际的实验和操作过程中,不可能选取影响水禽栖息地的所有指标,因此,水禽栖息地适宜性评价指标的选取只能从合理性、可操作性以及重要性等方面来考虑,从而尽可能的降低主观选择指标对结果产生的误差。由于条件的限制,本文结合水禽栖息地与周边环境的关系,仅从水源状况、干扰条件、食物丰富度以及遮蔽物四个方面综合选取指标。采用更丰富的评价指标进行湿地水禽栖息地评价可能会获取更精确的评价结果。这也是进一步深入研究的重点。

在盘锦湿地水禽栖息地适宜性分析中,本研究主要侧重于水禽的自然生境分析,充分运用了遥感和 GIS 技术对栖息地的影响因子、评价单元以及适宜性进行计算,但评价的模型主要以线性层次分析

模型为主。遥感和 GIS 以其独特的技术和数据处理能力,在湿地水禽栖息地适应性评价中发挥巨大作用。其中,遥感能为分析提高重要的数据源,GIS 具有强大的空间分析能力,为数据处理、分析以及适宜性评价提供重要的数据处理工具。

盘锦地区是一个重要的水禽栖息地。近几十年来,由于自然和人为的影响,该地区土地覆盖经历了快速的变化和转变。大量的外界干扰给该地区引进了许多新的外来物种。土地覆盖的变化和外来物种的入侵湿地该区域内水禽栖息地适应性发生了很大的改变,因此,对盘锦地区水禽栖息地适宜性进行评价有利于区域内湿地的恢复和生态环境的改善。研究表明,四个等级的水禽栖息地适宜性在数量和空间分布上有很大的不同,这与该区域湿地的空间分布有密切关系。一些研究表明,由于农业活动的增加导致盘锦地区湿地退化和萎缩^[17]。这对区

域内水禽栖息地的适宜性有重要的影响。所以应采取相应的政策和措施来管理和控制现有水鸟的栖息地。证据表明,栖息地的丧失和破碎是生物多样性减少物种灭绝的一个重要原因^[22]。本研究显示,盘锦地区水禽栖息地适宜性最好、适宜性良好的区域占总面积的 47.10%。但这些斑块大部分比较破碎,分布比较零散。要想改变这一现状,首先,当地政府需要对水禽栖息地的恢复和重建引起高度重视。需要建立国家级、省级的湿地生态修复项目,并构建水禽廊道。其次,尽量限制人类活动对重要水禽栖息地的干扰和影响,从而很好的保护现有的栖息地。

4 结论

基于以上数据分析结果表明,盘锦湿地水禽栖息地适宜性最好、适宜性良好、适宜性一般、适宜性差的面积分别为 803.79, 913.47, 905.29, 1023.65hm²,其中,水禽栖息地适宜性最好、适宜性良好的区域分别为 803.79, 913.47hm²,占总面积的 47.10%,此数据表明,盘锦地区水禽栖息地适宜性较好。集中分布在滨海的湿地区,以及河流、湖泊周围。

(1) 适宜性最好

主要分布于滨海地区的大片芦苇湿地内部以及河流、湖泊等水源与食物比较充足的地区,这些区域极其适合水禽类生存。少部分分布于耕地中间。适宜性最好的区域面积为 803.79hm²,占区域总面积的 22.04%,其地势平坦、水源充足、有大面积的芦苇沼泽湿地及河滩地,区域内人口稀少,很少有村庄及道路设施干扰,为水禽提供了良好的觅食、隐蔽和繁殖场所。适宜性最好区域一般为水禽高度集中的区域,区域内人为干扰少,斑块比较集中,破碎度较小^[12]。

(2) 适宜性良好

临近适宜性最好的区域,处于栖息地适宜性最好的缓冲区,耕地低产区域,该区域内居民点相对比较分散,面积为 913.47hm²,占总用地的 25.05%。分布区域与适宜性最好区域大致相同,还包括一些农田护林带以及海岸带附近。在盘山县、大洼县境内的甜水、胡家、东郭等地区湿地分布集中、面积大,周围有部分的开垦,但受人为干扰相对较少,而且其处在地形、地貌和水文条件等有利位置,生态敏感性良

好,系统较为稳定性,外界的开发建设活动对它的影响不大,存留大量的适宜栖息地。

(3) 适宜性一般

该等级主要是中产田区,全区拥有大量的农田分布,有部分的居民点,但是距离居民密集区还有一定距离,位于零散的村庄。面积为 905.29hm²,占总用地的 24.83%。该区抵抗外来干扰的能力较弱,同时生态系统服务功能价值一般,需要加强环境补偿措施和补水工程,水禽栖息地适宜性一般,应该严格控制人为干扰的强度,避免过度开发而破坏该区的水资源保护。

(4) 适宜性差

适宜性差的区域主要包括高产农田区,位于道路和居民密集区及其缓冲地带,受人为干扰力较强,对生态敏感性很弱,生态系统稳定性差。面积为 1023.65hm²,占总用地的 28.07%。主要分布在盘锦中部的城镇地带。

文章选择辽河三角洲的核心地带盘锦地区作为研究区,应用层次分析法和 GIS 空间分析技术进行水禽栖息地适宜性评价。结果显示了盘锦地区水禽栖息地适宜性的空间分布,同时能为盘锦湿地保护建设工程和有效的适宜性规划提供科学的评价手段,也为生物多样性的可持续发展提供借鉴。

References:

- [1] Cai Y M, Dong Z X, Deng H D. Review about Proceedings of Land Use Planning in FAO. Progress in Geography, 2005, 24 (1): 70-78.
- [2] Xie F J, Xiao D N, Li X Z. Research on Post-fire Restoration of Sable. S Habitat Suitability and Landscape Pattern in the Northern Greater Hing an Mountains. Chinese Journal of Zoology, 2006, 41 (1): 60-68.
- [3] Daniel G, Timothy G, Ulrike Z, 2006. GIS-based modeling of spawning habitat suitability for walleye in the Sandusky River, Ohio, and implications for dam removal and river restoration. ecological engineering, 28, 311-323.
- [4] Li X H, Ma Z J, Li D M, Ding C Q, Zhuo T Q, Lu B Z. Using resource selection functions to study nest site selection of crested ibis. Biodiversity Science, 2001, 9(4): 352-358.
- [5] Zhang Y H, Deng W, Zhang S W. The spatial structure analysis of the red-crown cranes habitat in Xianghai national nature reserve based on RS and GIS techniques. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(11): 3725-3731.
- [6] Weiers S, Bock M, Wissen M, Rossner G. Mapping and indicator

- approaches for the assessment of habitats at different scales using remote sensing and GIS methods. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 67:43-65.
- [7] Wilsey C B, Lawler J J, Cimprich D A. Performance of habitat suitability models for the endangered black-capped vireo built with remotely-sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 2012, 119:35-42.
- [8] Fish U S, Wildlife Service. North American Waterfowl Management Plan: A Strategy for Cooperation [N]. Washington, DC, 1986.
- [9] Christian G, Alessandro M, Diego K, Rodolphe S. A Wolf Habitat Suitability Prediction Study in Valais (Switzerland). *Landscape and Urban Planning*, 2001, 55: 55-65.
- [10] Osborne P E, Alonso J C, Bryant R G. Modelling landscape-scale habitat use using GIS and remote sensing; a case study with great bustards. *Journal of Applied Ecology*, 2001, 38: 458-471.
- [11] Hansen A J, Neilson R P, Dale V H, Flather C H, Iverson L R, Currie D J, Shafer S, Cook R, Bartlein P J. Global Change in Forests: Responses of Species, Communities, and Biomes. *BioScience*, 2001, 51(9): 765-779.
- [12] Kong B, Zhang S Q, Zhang B, Li X F, Yu H. Habitat suitability evaluation for waterfowls used- land based on RS and GIS. *Journal of Remote Sensing*, 2008, 12(6): 1001- 1009.
- [13] Tian B, Zhou Y X, Zhang L Q, Yuan L. Analyzing the habitat suitability for migratory birds at the Chongming Dongtan Nature Reserve in Shanghai, China. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2008, 80, 296-302.
- [14] Tian B, Zhou Y X, Zhang L Q, Ma Z J, Yang B, Tang C D. A GIS and remote sensing-based analysis of migratory bird habitat suitability for Chongming Dongtan Nature Reserve, Shanghai. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(7):3049-3059.
- [15] Zou L L, Chen X X, He Y, Li X, He Z J, Assessment of ardeidae waterfowl habitat suitability based on a binary logistic regression model. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32 (12): 3722- 3728.
- [16] Pelayo A, Vanesa A, Jorge C, et al. Habitat Suitability Modelling Reveals a Strong Niche Overlap Between two Poorly Known Species, the Broom Hare and the Pyrenean Grey Partridge, in the North of Spain. *Acta oecologica*, 2007, 31:174- 184.
- [17] Xu L L, Zhang Y S, Chen P S, Mao L X. Analysis on the Changing Characteristics and Influencing Factors of Panjin Wetland During the Past 20 Years. *Journal of Nature Resource*. 2009, 24(3):483-490.
- [18] Baatz M, Schäpe A. Multiresolution segmentation-an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. *Angewandte Geographische Information sverarbeitung XII*. Wichmann-Verlag, Heidelberg, 2000, 12-23.
- [19] Hirzel A, Guisan A. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling. *Ecological Modelling*, 2002, 157: 331-341.
- [20] David F, Ludwig T J, 2006. Habitat equivalency in urban estuaries: An analytical hierarchy process for planning ecological restoration. *Urban Ecosys*, 9, 265-290.
- [21] Stow D, Hamada Y K, Coulter L, Anguelova Z. Monitoring shrubland habitat changes through object-based change identification with airborne multi-spectral imagery. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112: 1051-1061.
- [22] Smith D F, Litvaitis J A. Foraging strategies of sympatric lagomorphs: Implications for differential success in fragmented landscapes. *Canadian Journal of Zoology*, 2000, 78 (12): 2134-2141.

参考文献:

- [1] 蔡玉梅, 董柞继, 邓红蒂. F AO 土地利用规划研究进展评述. *地理科学进展*, 2005, 24(1): 70-78.
- [2] 解伏菊, 肖笃宁, 李秀珍. 大兴安岭北坡火后紫貂冬季生境适宜性与景观格局的恢复. *动物学杂志*, 2006, 41(1): 60-68.
- [4] 李欣海, 马志军, 李典谟, 丁长青, 翟天庆, 路宝忠. 应用资源选择函数研究朱鹮的巢址选择. *生物多样性*, 2001, 9(4): 352-358.
- [5] 张艳红, 邓伟, 张树文. 向海自然保护区丹顶鹤生境结构空间特征. *生态学报*, 2006, 26(11): 3725-3731.
- [12] 孔博, 张树清, 张柏, 李晓峰, 于欢. 遥感和 GIS 技术的水禽栖息地适宜性评价中的应用. *遥感学报*, 2008, 12(6): 1001-1009.
- [14] 田波, 周云轩, 张利权, 马志军, 杨波, 汤臣栋. 遥感和 GIS 支持下的崇明东滩迁徙鸟类生境适宜性分析. *生态学报*, 2008, 28(7):3049-3059.
- [15] 邹丽丽, 陈晓翔, 何莹, 黎夏, 何执兼. 基于逻辑斯蒂回归模型的鹭科水鸟栖息地适宜性评价. *生态学报*, 2012, 32(12): 3722- 3728.
- [17] 徐玲玲, 张玉书, 陈鹏狮, 毛留喜. 近 20 年盘锦湿地变化特征及影响因素分析. *自然资源学报*, 2009, 24(3):483-490.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.6 Mar., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Impacts of global warming on litter decomposition SONG Piao, ZHANG Naili, MA Keping, et al (1327)
- From system to landscape: the other orientation of regional material flow analysis ZHANG Xiaogang, ZENG Hui (1340)
- A multi-dimensional approach for wetland ecosystem service valuation SONG Yuqin, ZHANG Xiaolei (1352)
- Molecular mechanisms of the insect juvenile hormone JIN Minna, LIN Xinda (1361)
- Microbial deterioration in ancient cave and wall paintings LI Qiang, GE Qinya, PAN Xiaoxuan, et al (1371)
- Study on ecological safety evaluation and warning of wetlands in Tumen River watershed based on 3S technology
..... ZHU Weihong, MIAO Chengyu, ZHENG Xiaojun, et al (1379)
- A review of transboundary protected areas network establishment WANG Wei, TIAN Yu, CHANG Ming, et al (1391)

Autecology & Fundamentals

- Water consumption characteristics and water use efficiency of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* and bamboo-willow
seedlings QIU Quan, PAN Xin, LI Jiyue, et al (1401)
- Three warming scenarios differentially affect the morphological plasticity of an invasive herb *Alternanthera philoxeroides*
..... CHU Yanmei, YANG Jian, LI Jingji, et al (1411)
- The influence of meteorological factors and soil physicochemical properties on karst processes in six land-use patterns in summer
and winter in a typical karst valley LIU Wen, ZHANG Qiang, JIA Yanan (1418)
- Effects of nanocarbon application on nitrogen absorption and utilization of flue-cured tobacco
..... LIANG Taibo, YIN Qisheng, ZHANG Yanling, et al (1429)
- The stand spatial model and pattern based on voronoi diagram LIU Shuai, WU Shuci, WANG Hong, et al (1436)
- Dynamic analysis of spatial structure in a close-to-nature *Phyllostachys edulis* stands
..... QIU Jianxi, TANG Mengping, SHEN Lifen, et al (1444)
- Phenotypic diversity in natural populations of *Sapindus mukorossi* based on fruit and seed traits
..... DIAO Songfeng, SHAO Wenhao, JIANG Jingmin, et al (1451)
- Development of compatible biomass models for trees from different stand origin ... FU Liyong, LEI Yuancai, SUN Wei, et al (1461)

Population, Community and Ecosystem

- The impact of understory vegetation structure on growth of *Polygonatum cyrtoneura* in extensively managed *Phyllostachys edulis*
plantation FAN Yanrong, CHEN Shuanglin, YANG Qingping, et al (1471)
- Short-term effects of CO₂ concentration elevation, warming and transgenic *Bt* rice cropping on soil labile organic carbon and
nitrogen, and nematode communities CHEN Jing, CHEN Fajun, LIU Manqiang, et al (1481)
- Temporospatial variations in net ecosystem productivity in Northeast China since 1961
..... LI Jie, ZHANG Yuandong, GU Fengxue, et al (1490)
- Assessment of the habitat suitability for waterfowls in the Panjin, Liaoning with GIS and remote sensing
..... DONG Zhangyu, LIU Dianwei, WANG Zongming, et al (1503)
- Distribution of soil macropores and their influence on saturated hydraulic conductivity in the Huoditang forest region of the
Qinling Mountains LU Bin, ZHANG Shengli, LI Kan, et al (1512)

- Influences of phosphorus concentration on interactions among *Microcystis aeruginosa*, *Daphnia magna* and *Ceratophyllum demersum* ...
 MA Jianmin, JIN Ping, GUO Meng, et al (1520)
- Allelopathic inhibition and mathematical models of *Chara vulgaris* extracts on two freshwater algae species
 HE Zongxiang, LIU Lu, LI Cheng, et al (1527)
- Flora analysis of riparian vegetation in Yongding-Haihe river system, China XIU Chen, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua (1535)
- Stream habitat assessment of Dong River, China, using *River Habitat Survey* method
 WANG Qiang, YUAN Xingzhong, LIU Hong, et al (1548)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Appling SWAT model to explore the impact of changes in land use and climate on the streamflow in a Watershed of Northern
 China GUO Juntong, ZHANG Zhiqiang, WANG Shengping, et al (1559)
- Climate response of tree growth along an altitudinal gradient in the Changbai Mountains, Northeast China
 CHEN Li, YIN Yunhe, ZHAO Dongsheng, et al (1568)
- The dispersion of airborne pollen and its relationship with major climatic parameters in Shijiazhuang
 LI Ying, LI Yuecong, LÜ Suqing, et al (1575)
- The change of soil carbon and nitrogen under different grazing gradients in Hulunber meadow steppe
 YAN Ruirui, XIN Xiaoping, WANG Xu, et al (1587)
- Spatial distribution and influencing factors of farmland soil organic matter and trace elements in the nansihu region
 WU Jie, LI Yuhuan, LI Zengbing, et al (1596)

Resource and Industrial Ecology

- Transnational land use and its potential environmental consequence LU Xiaoxuan (1606)

《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

本期责任副主编 薛建辉

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 6 期 (2014 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 6 (March, 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

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元