

西安市泾渭湿地自然保护区生境质量变化评估

尹楠, 王俊

(西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127)

摘要: [目的] 对西安市泾渭湿地自然保护区生境质量变化进行研究, 为保护区未来环境保护和发展提供科学参考。[方法] 基于 InVEST 生物多样性模型, 结合土地利用/土地覆被变化, 从保护区整体、分区到土地利用/土地覆类型分别对保护区生境质量进行分析。[结果] ①2006—2016 年, 保护区内农田急剧减少, 对草地、森林和湿地面积的增加贡献较大。②保护区生境质量呈上升趋势, 局部有所下降, 整体生境质量中等。③保护区所在各区生境质量由高到低依次为灞桥区、未央区、高陵区, 生境质量指数平均值分别较 2006 年增长了 21.05%, 50.01%, 37.84%。[结论] 人工生境包括交通用地、居住地、工业用地和耕地对生态环境的干扰是生境质量下降的主要驱动因素。天然生境包括湿地和森林对保护区生物多样性维持功能贡献较大, 保护区森林面积略显不足。

关键词: Invest 模型; 生物多样性; 生境质量; 西安市泾渭湿地; 土地利用

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)06-0322-07

中图分类号: X36, X171.1

文献参数: 尹楠, 王俊. 西安市泾渭湿地自然保护区生境质量变化评估[J]. 水土保持通报, 2018, 38(6): 322-328. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.06.049. Yin Nan, Wang Jun. Assessment on change of habitat quality of Jingwei wetland nature reserve in Xi'an City[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(6):322-328.

Assessment on Change of Habitat Quality of Jingwei Wetland Nature Reserve in Xi'an City

YIN Nan, WANG Jun

(College of City and Environment, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710127, China)

Abstract: [Objective] The change of habitat quality of Jingwei wetland nature reserve in Xi'an City was investigated to provide scientific reference for the future development and environmental protection of the reserve. [Methods] Based on the InVEST biodiversity model and land use/cover data, this study analyzed the habitat quality of the reserve. [Results] ① In 2006—2016, the farmland was severely decreased and mainly converted to the grassland, forestland, and wetland. ② The habitat quality of the reserve showed an increasing trend, and a decreasing trend in some areas, Meanwhile, the whole habitat tended to be medium. ③ Among the three districts, the habitat quality of the Baqiao is the highest, followed by the Weiyang and then the Gaoling. Compared with 2006, their habitat quality in the 2016 increased by 21.05%, 50.01%, and 37.84%, respectively; [Conclusion] The main driving factor of habitat degradation is the artificial habitat including traffic land, residential land, industrial land, and farmland. Natural habitat including wetland and forest is beneficial to the maintenance of biodiversity, but the forest area is slightly insufficient in the reserve.

Keywords: InVEST model; biodiversity; habitat quality; Jingwei wetland in Xi'an City; land use

湿地是全球 3 大生态系统之一, 作为湿地因其不可替代的生态环境功能被誉为“地球之肾”和“物种基因库”。它不仅可以提供多种生产、生活资源, 而且产生了巨大的环境和经济效益^[1]。生境质量是指在一定的时间和空间中生态系统对人类生存繁衍、经济发

展的适宜程度, 是地域特征的一种主要表现, 是生态环境本质属性的客观存在^[2]。西安市泾渭湿地自然保护区对该市的气候调节、水质净化、生物多样性维持和社会经济等方面影响重大, 随着高陵县撤县建区, 保护区逐渐发展成为城中湿地, 城市化进程使得

收稿日期: 2018-05-02

修回日期: 2018-07-04

资助项目: 国家自然科学基金项目(31270484)

第一作者: 尹楠(1993—), 男(汉族), 陕西省镇安县人, 硕士研究生, 研究方向为湿地保护与管理。E-mail: 904461527@qq.com。

通讯作者: 王俊(1974—), 男(汉族), 河南省虞城县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事旱作农田土壤温室气体排放与碳氮循环方面的研究。E-mail: wangj@nwu.edu.cn。

保护区面临的人为干扰因素增多,严重影响到了保护区的生态环境质量和生物多样性,因此对保护区的生境质量进行定量评估,对保护区的生态环境保护和生物多样性维持具有重要意义。目前,国内外对生境质量评价的方法已有大量研究,如 Christian 采用了地面遥感与地下水模拟相结合的方法展开了生境质量评价,孔达等^[3]采用景观指数、植被覆盖度指数、土地类型、气候因子等 7 个指标构建生境评价指标体系,孟岩等^[4]采用生物丰度指数、植被覆盖度指数、土地退化指数、水网密度等指标构建生态环境状况指数(ED)模型等。由于生态系统的复杂性及研究者们认识的差异性,当前的研究方法都存在数据需求量大、研究结论不直观等弊端。InVEST 模型是由美国斯坦福大学、世界自然基金会(world wildlife fund, WWF)和大自然保护协会(the nature conservancy, TNC)共同开发,旨在权衡发展和保护之间的关系,寻求最优自然资源管理和经济发展模式^[5-7]。该模型采用多层级设计,并包含多方面的评估模块,可以对生态系统进行多尺度、多情境的综合评价;从模型功能特点出发,在 GIS 平台下开发的 InVest 模型,该模型在应用过程中数据量需求较低,具有很强的空间分析能力,并且估算结果还可以直接在地图上显示,进而使管理者能够在较短时间内对管理区的生态系统进行全面的了解,并快速、准确、有效地采取相应的管理措施及规划^[8]。目前,InVest 模型已成功运用于美国加利福尼亚州、夏威夷群岛,中美南部的委内瑞拉、哥伦比亚,亚洲印度尼西亚和非洲坦桑尼亚等国家及区域的生态系统服务功能与价值评估研究^[9-10]等利用 InVEST 模型评估了 2000—2009 年非洲西部加纳和科特迪瓦 2 个国家的产水量、碳储量、水质净化功能、水土保持功能和生物多样性的变化。Nelson 等^[11]用 InVEST 模型对美国威拉梅特盆地的生物多样性进行了评估,并计算不同生境质量得分下的物种面积关系指数,来分析生境质量与物种多样性之间的关系^[12]。国内也有不少学者将 InVEST 模型参数在修正的基础上应用于研究当中,贾芳芳^[13]利用 InVEST 模型对赣江流域生态系统服务功能进行测定,白健等^[14]利用 InVEST-Biodiversity 模型对闽江流域生境质量变化进行了评价。包玉斌等^[15]对黄河湿地自然保护区生境质量进行了评估。徐建宁等^[16]采用 InVEST 模型,从生物多样性的角度出发,对横断山区小江流域的生境质量进行了量化评估,并分析其空间分布特征和区域差异。该模型在我国应用中仍然存在着若干问题。首先,该模型的研发具有一定地域背景,其本地化需建立不断完善的符合区域生态系

统服务功能特征的数据库。考虑模型参数的适宜性和正确性,需结合地面调查与实验分析获取实证数据用于各模块相应参数的校验,以提高模型评估精度;其次,模型算法的简化以及应用的局限性均会影响评估结果的精度和不确定性^[17]。作为西北地区重要的经济中心,西安市正处于高速的发展阶段,西安市泾渭湿地自然保护区在未来的城市化进程中将逐渐成为城中湿地,所以对保护区的生境质量和生物多样性保护研究显得很有必要,但是自 2006 年保护区成立以来,有关西安市泾渭湿地自然保护区的生境质量研究尚无。因此,本文采用 InVEST 生物多样性模型,结合保护区 2006—2016 土地利用/土地覆被变化情况,对保护区 2006 和 2016 年的生境质量进行定量评估,识别出保护区需要保护和关注的重要区域,以期对西安泾渭湿地自然保护区生态环境可持续性发展和土地合理利用开发提供科学合理的参考依据。

1 研究区概况

西安市泾渭湿地自然保护区位于西安市东北,地跨西安市未央区、灞桥区和高陵区,东起西韩路渭河大桥,西至西铜路渭河大桥,南以草临路灞河大桥为界,北至渭、泾河北岸台塬以上 200 m。地理位置介于 108°57'47"—109°06'07"E, 34°23'55"—34°28'26"N,东西长 13 km,南北宽 1~3.5 km,呈 Y 形带状分布,总面积 3 029.83 hm²。保护区海拔 358~440 m,地形起伏度不大,是典型的河流地貌特征,主要包括渭河、泾河和灞河的平水位河道、沿渭河两岸断续分布的一级阶地、河漫滩和渭河北岸高陵区境内的黄土台塬。气候属于暖温带半湿润大陆性季风气候,多年平均气温 13.3 ℃,全年降水集中在 6—8 月,多年平均降水量 589.4 mm。保护区境内以陆生和水生维管植物为主,包括乔木、灌木、藤本、陆生草本、水生草本、寄生草本等 6 种生活型,其中陆生植物 498 种,水生植物 43 种,建群和优势植物以湿生植物和中生植物为主。保护区境内植被可以划分为灌丛植被型、草丛植被型、沼泽植被型和水生植被型等 4 种植被型。区内有国家 II 级重点保护野生植物物种 1 种(野大豆)和陕西省地方重点保护植物物种 2 种(穗状狐尾藻、绶草)。因此,区内灌草丛植被和湿地是主要的生境。保护区范围内共有鸟类 179 种,共有湿地鸟类 11 目 21 科 79 种,占目前陕西省湿地鸟类总数 121 种的 65.29%,国家重点保护鸟类 23 种,占陕西省分布的国家 I, II 级重点保护鸟类 56 种的 41.07%。其中, I 级重点保护物种 4 种,分别是黑鹳,东方白鹳,金鸕,大鸨, II 级重点保护物种有卷羽鹈鹕,白琵鹭,鸿

雁,大天鹅等 19 种^[18]。区内生活在河流水体、水库坑塘、水渠岸边、草木沼泽和河滩草丛的鸟类种类和数量最多。因此,湿地和灌草丛植被是鸟类的主要栖息地,同时也是两栖爬行类和鱼类的重要生境,对维持保护区内生物多样性起到了决定性作用。

2 数据来源与处理

本文研究的基础数据有:①基础地理数据。包括西安市边界和西安泾渭湿地自然保护区矢量边界,西安市边界数据通过 Global Administrative Area 官方网站下载。由于官方未发布保护区矢量边界范围,本文通过对保护区实地踏勘以及野外 GPS 点作为边界信息参照点,最终确定边界范围。②土地利用数据。包括 2006 和 2016 年两期土地利用/土地覆类型,在美国 USGS 官方网站下载 Landsat4-5TM 和 Landsat 8 OLI 遥感影像(像元大小 30 m×30 m,轨道号为 127036,时间分别为 2006 年 6 月 19 号和 2016 年 6 月 17 号,云量少于 10%)。影像通过大气校正、几何校正,最终得到标准影像。分类软件采用德国 eCognition 8.7,分类方法采用面向对象分类提取,由于保护区面积较小,影像在经过 eCognition 8.7 分割之后,分割斑块均质,在分类过程中对二级地类阔叶林、灌木林以及灌草丛地和草地的提取主要是依据 NDVI 植被指数、野外实地踏勘和 Google earth 高分辨率卫星影像和历史影像进行分类验证,最终获得土地利用/土地覆数据。根据保护区实际情况建立土地利用二级分类体系(表 1)

表 1 土地利用分类体系

I 级地类	II 级地类
森林	阔叶林;灌木林
草地	灌丛草地;草地
湿地	河流;水库/坑塘;草木沼泽;滩地
农田	旱地
建设用地	居住地;工业用地;交通用地
裸地	裸地

3 研究方法

3.1 InVEST 模型

InVEST 模型的生物多样性模型结合景观类型敏感性和外界威胁强度,得到生境质量的分布,并根据生境质量的优劣,评估生物多样性维持状况^[19]。该模型基于美国 Esri 公司的 ArcGIS 10.2 平台,模拟不同土地覆盖对生态环境质量好坏的影响,本研究使用的是该模型最新版本 InVEST 3.4.0,此版本包括海岸线脆弱性、生境质量、固碳、土壤侵蚀、水质、

农作物产品等一系列模块,本文选取的是“生境质量”子模块。保护生境质量的首要目标就是维持生物多样性。针对西安泾渭湿地自然保护区的生态环境特点,本文利用 InVEST 生物多样性模块,结合土地利用和生物多样性威胁因素信息得到生境质量结果图,用于定性的分析和评价保护区生态环境和生物多样性保护状况。模型认为生物物种丰富,自然环境条件好,受威胁源影响较低的地区,其生境质量就高。该生境质量的概念实际上是生态系统能够提供物种生存繁衍条件的潜在能力。

模型中每个栅格都赋予一种 LULC 类型,主要分为生境栅格和威胁源栅格两大类,威胁的程度随生境栅格与威胁源距离的增加而减小,因此距离威胁源最近的那些栅格单元将受到较高的影响。同时根据威胁源距离的影响范围,同一生境栅格将会受到不同威胁源的共同威胁,例如,城市、道路、和居民点是某土地利用类型生境质量保持的威胁因素,模型就需要叠加这些威胁影响。生境质量的优劣基于生境质量指数表现出来。

模型采用半饱和函数将一个栅格单元受威胁源影响后的分值解译成生境质量得分值,在 LULC 类型 j 中的斑块组 x 的生境质量由 Q_{xj} 表示:

$$Q_{xj} = H_j \left[1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^2} \right) \right] \quad (1)$$

式中: Q_{xj} ——土地利用与土地覆盖 j 中栅格 x 的生境质量; D_{xj} ——土地利用与土地覆盖或生境类型 j 中栅格 x 的生境所受威胁水平; k ——比例因子,取模型推荐值 0.5,当 $1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^2} \right) = 0.5$ 时, k 值就等于 D 值; H_j ——土地利用与土地覆盖 j 的生境适宜性; z ——归一化常数,取模型定义值 2.5。

D_{xj} 通过公式(2)运算得到:

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^{Y_r} (\omega_r / \sum_{r=1}^R \omega_r) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr} \quad (2)$$

式中: r ——威胁因子; R ——威胁因子类型总和; y —— r 威胁因子栅格图上的一组栅格; Y_r —— r 威胁因子栅格图上的所有栅格; ω_r ——威胁因子所占的权重,范围在 0~1; r_y ——栅格 y 的威胁因子值,范围在 0~1; i_{rxy} ——威胁因子栅格 y 的值对生境栅格 x 的威胁水平; β_x ——法律保护程度,本文不考虑法律保护程度因子,因此将 β_x 设为 1; S_{jr} ——生境类型 j 对胁迫因子 r 的敏感性,范围在 0~1。

威胁因子 r 在栅格 y 处对生境栅格 x 的影响用 i_{rxy} 表示,用如下公式表达:

$$i_{rxy} = 1 - (d_{xy} / d_{rmax}) \quad (\text{线性}) \quad (3)$$

$$i_{rxy} = \exp[-(2.99 / d_{rmax}) d_{xy}] \quad (\text{指数}) \quad (4)$$

式中： d_{xy} ——栅格 x 到栅格 y 之间的线性距离； $d_{r,max}$ ——威胁因子 r 的最大影响距离(km)。

文中公式(1)–(4)均来自 InVEST 模型官方使用说明书,对于威胁性因子旱地采用线性函数表达,居住地、工业用地和交通用地采用指数函数表达。

3.2 InVEST 生物多样性模型数据获取

模型中涉及到的主要参数有威胁源影响范围及权重、各个地类的生境适宜性和对威胁源的敏感性,参数值分别列在表 2—3。表 2 中威胁源权重值来源于模型推荐的参考值,西安市泾渭湿地自然保护区东西长 13 km,南北宽仅 1~3.5 km,根据研究区特点以及相关文献^[16,20]确定最大威胁距离,表 3 中参数的确定参考了模型推荐参考值和及文献^[14-15,20-21]。表 3 中生境适宜性以及敏感程度的确定遵循以下原则:①在自然保护区内湿地和林地作为鸟类、两栖爬行类和鱼类的主要生境栖息地,因此本文将河流、水库/坑塘、草木沼泽的生境适宜性定为 0.9,阔叶林和灌木林分别为 0.8 和 0.7,其他生境越接近自然生态系统的适宜性越大,相对复杂的生境类型具有较大的适宜性,因此灌丛草地和草地分别为 0.6 和 0.5,滩地和旱地分别为 0.4 和 0.3;人工环境不具备生境适宜性,所以其余生境类型为 0。②以模型推荐值为基础,生态系统越复杂,自我修复能力越强,对威胁源因子的敏感性越低,对于不同的生境类型的林地、草地和湿地,按照系统越复杂敏感性相对越低的原则进行相应调整。

表 2 威胁源的影响范围及权重

威胁源	最大威胁距离/km	距离递减率	权重
旱地	0.5	0.3	0.7
居住地	2.0	0.2	0.6
工业用地	2.0	0.2	1
交通用地	1.0	0.5	1

表 3 不同土地利用类型对威胁源的相对敏感程度及其生境适宜性

土地利用类型	相对敏感程度				生境适宜性
	旱地	居住地	工业用地	交通用地	
阔叶林	0.55	0.75	0.75	0.5	0.8
灌木林	0.35	0.55	0.55	0.3	0.7
灌丛草地	0.40	0.60	0.60	0.3	0.6
草地	0.30	0.50	0.50	0.2	0.5
河流	0.60	0.80	0.80	0.6	0.9
水库/坑塘	0.60	0.80	0.80	0.6	0.9
草木沼泽	0.60	0.80	0.80	0.6	0.9
滩地	0.30	0.50	0.50	0.2	0.4
旱地	0.30	0.50	0.50	0.2	0.3

威胁因子表与生境适宜性及对不同威胁源的敏感度程度表均为.csv 格式,需要与图层数据内容相对应。

通过分类获得的土地利用/覆盖数据获得两期旱地、居住地、工业用地、交通用地的威胁源图层,在 ArcGIS 里转为栅格数据,定义与数据源相同投影,栅格大小为 30 m×30 m。

4 研究结果与分析

4.1 保护区土地利用转移变化分析

保护区主要的土地利用类型有森林、草地、湿地、农田、建设用地和裸地。通过 2006—2016 年的土地利用现状(图 1)及土地利用转移矩阵(表 4),可以得到:①2006 年保护区刚刚成立之初到 2016 年的 10 a 间,土地利用变化呈现“一减多增”,其中农田急剧减少,其他土地利用类型均以不同程度增长,增长速度由快到慢依次为草地、建设用地、森林、湿地和裸地。②2006—2016 年,农田面积变化最为明显,净减少了 1 382.35 hm²,主要向草地(772.39 hm²)、湿地(235.80 hm²)、建设用地(193.93 hm²)和森林(148.80 hm²)转移,农田面积大幅度减少得益于保护区成立后的政令法规,使得区内的农田逐渐向能维持生物多样性的复杂生境类型转移。③草地、森林和湿地的面积增长显著,其中草地增加面积主要来自农田和湿地,森林主要来自农田、草地和湿地,湿地主要来自草地和农田,保护区内的大面积植树造林工程和保护区管理站的严格控制是森林、湿地和草地面积保持和持续增加的关键。④建设用地面积增长相对明显,净增 277.54 hm²,甚至超过了森林和草地的增长速度,其面积增长主要来源于农田和草地,随着保护区的路网和旅游业的发展,使得交通用地的面积增长也比较大。裸地面积未出现大幅度变动。

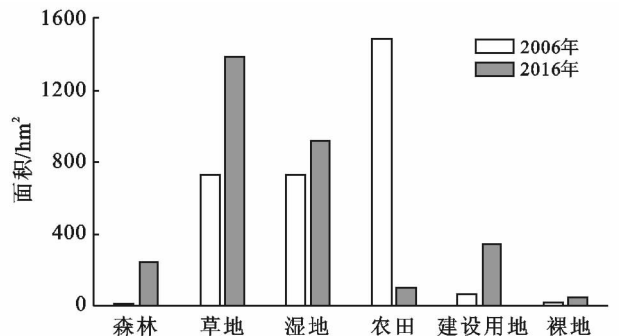


图 1 研究区 2006—2016 年土地利用现状

表 4 研究区土地利用转移矩阵

hm²

土地利用类型	2016 年面积						2006 年合计	
	森林	草地	湿地	农田	建设用地	裸地		
2006 年面积	森林	0.00	2.55	4.68	0.00	0.76	0.00	7.99
	草地	49.79	324.82	270.23	0.00	76.50	7.95	729.29
	湿地	36.54	258.05	392.59	0.00	35.78	7.23	730.19
	农田	148.80	772.39	235.80	98.56	193.93	31.63	1481.11
	建设用地	7.52	19.09	3.24	0.20	36.16	0.00	66.21
	裸地	0.85	5.75	7.43	0.00	0.62	0.21	14.86
	2016 年合计	243.50	1382.65	913.97	98.76	343.75	47.01	3 029.64

4.2 保护区生境质量

为了判断生境质量的变化情况, InVEST 模型采用生境质量指数的大小来表示生境质量的好坏, 每个栅格的不同土地利用类型会对应着不同生境质量指数, 其值在 0~1 之间变化, 越接近 1 表示生境质量越好, 有利于维持生物多样性。

4.2.1 保护区整体生境质量分析 为了更加清晰直观地显示保护区的生境质量情况, 利用 ArcGIS 里的自动分位法将生境质量指数分为高度生境(0.9~0.69)、中度生境(0.49~0.69)、一般生境(0~0.49)、非生境(0)这 4 类。同时利用 InVEST 模型运行出来的两期生境质量图层, 在 ARCGIS 里进行栅格相减计算得到保护区 10 a 来生境质量变化图(如图 2 所示), 浅灰色部分表示生境质量退化的区域, 灰色的部分表示生境质量未发生变化的地方, 深灰色的部分表示生境质量变好的区域。结合 InVEST 生物多样性模型输出的两期生境质量图层(图 3—4, 表 5)可知, 2006 年保护区整体生境质量主要集中在中度生境和一般生境, 其中一般生境占保护区面积的 49.75%, 高度生境、中度生境和非生境分别占到 23.53%、24.12%和 2.60%, 保护区平均生境质量指数 4.3, 最高生境质量指数达到 0.89; 而到了 2016 年, 生境质量整体明显上升, 其中高度生境和中度生境较 2006 年增长了 58%和 90%, 并且最高生境质量指数上升到 0.9, 平均生境质量为 5.8, 与此同时, 一般生境面积大幅度下降, 值得注意的是非生境的面积增长到了 380.06 hm², 占 12.54%。

表 5 保护区 2006—2016 年生境质量分布面积和比例

项目	高度生境	中度生境	一般生境	非生境	
2006 年	面积/hm ²	712.99	730.78	1 507.46	78.38
	比例/%	23.53	24.12	49.75	2.60
2016 年	面积/hm ²	1 126.57	1 388.79	134.22	380.06
	比例/%	38.18	45.84	4.43	12.54

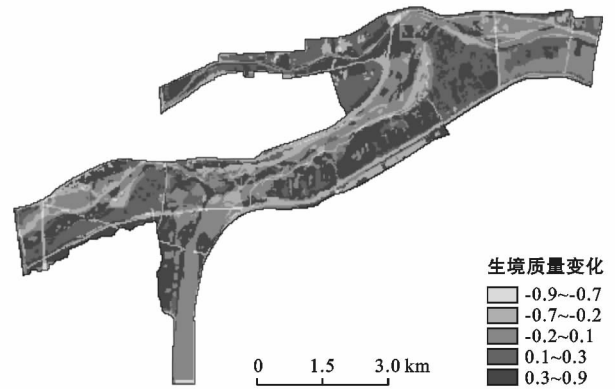


图 2 2006—2016 年间生境质量变化

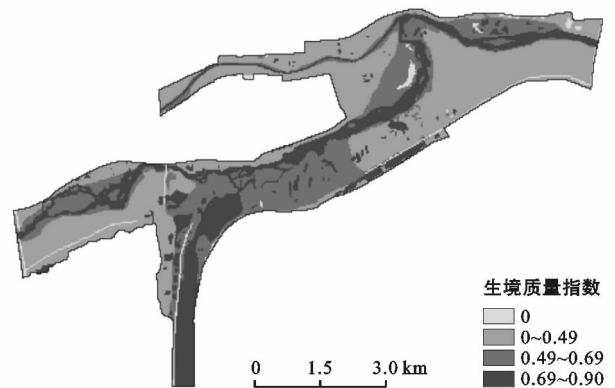


图 3 2006 年保护区生境质量分布

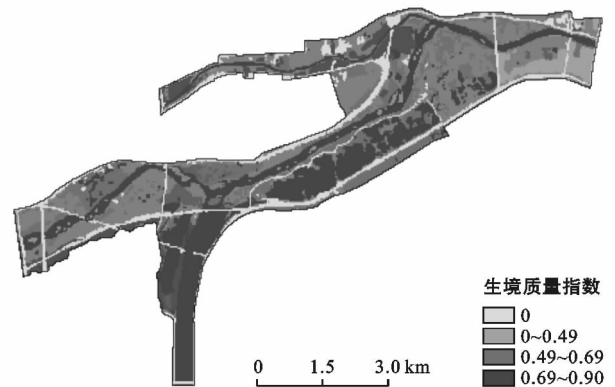


图 4 2016 年保护区生境质量分布

4.2.2 保护区所在各区生境质量分析 西安市泾渭湿地自然保护区所辖区域涉及到西安市灞桥区、未央区和高陵区,其中高陵区是在 2014 年撤县建区,保护区在 3 个区所占面积分别为 689.12, 729.18 和 1 161.34 hm^2 。结合表 6(其中生境质量变化表示 2016 年生境质量较 2006 年增长率)可知,10 a 来保护区所在各区生境质量指数平均值呈现不同幅度的增长趋势,其中增长速度最快的是未央区,同比增长 50.01%,未央区范围内浐灞国家湿地公园的建成,提高了保护区内湿地和自然植被的面积,同时范围内耕地面积较少为生境质量的快速增长提供了保障;增长最慢的是灞桥区,只有 21.05%,但是灞桥区本来的生境质量基数相较其他 2 个区较高,增长后仍为最高的 0.69。在灞桥区范围内存在较多大面积河流、草木沼泽、草地和水库坑塘,良好的生态环境尤其是为鸟类生存繁衍、迁徙提供了栖息地,但随着灞渭桥车游湿地公园的修建,使得原本保护区的核心区和缓冲区增加了作为威胁源的交通用地,同时引入了大量的人为扰动因素。高陵区排名最后,高陵区所包括保护区范围最大,境内耕地面积较大,生境质量一般,随着保护区的规划建设,境内耕地面积锐减到只剩渭河下游南岸的小部分,在泾渭生态半岛东南侧大片林地为整体生境质量提高贡献较大,与此同时,随着经济发展区内路网密集,相互交错,尤其是在泾渭交汇处内侧的路桥正在建设,毁掉林地和草地并且产生大面积裸地,使得区内生境排名靠后。

表 6 保护区所在区域生境质量指数

保护区所在区域	2016 年生境质量排名	生境质量指数平均值		2006—2016 年生境质量变化
		2006 年	2016 年	
灞桥区	1	0.57	0.69	21.05 ↑
未央区	2	0.42	0.63	50.01 ↑
高陵区	3	0.37	0.51	37.84 ↑

4.2.3 保护区土地利用/覆被生境质量分析 土地利用/覆被类型(LULC)与环境变化和人类的生产生活密切相关,LULC 不仅带来地表结构的巨大变化,而且影响整个系统的物质循环和能量流动,是导致物种和生态系统有效栖息地破碎和散失的主要过程,对区域生物多样性和重要生态过程影响深刻^[22]。如表 7 所示,根据保护区土地利用/覆盖图、InVEST 生物多样性模型的生境质量结果、文献研究和专家意见,结合保护区的生态环境具体情况,将土地利用类型分为天然生境(森林、草地、湿地)和人工生境(农田、建设用地、裸地)。如图 3—4 所示,颜色接近浅灰色的建设用地(居住地、交通用地、工业用地)表示人类活

动频繁并对生态系统的人工干扰能力越强,这些区域本身就不具备生境适宜性,并且作为威胁源存在,造成整个生境的斑块破碎化程度较高,加速生境退化。因此基于土地利用/覆被类型分析天然生境和人工生境的生境质量差异变化和原因是保护区生境质量变化驱动因素的主要突破口。10 a 间,森林的生境质量等级由中等生境(0.6)上升到高度生境(0.72),面积增长了 7.77%,这主要是由于保护区退耕还林,加大了阔叶林和护堤林的种植面积;草地生境维持在中度生境基本不变,但是面积增长了 21.55%;湿地生境质量保持在一个较高的水平,但较 2006 年稍微有所下降,面积增长了 6.08%;农田生境质量水平为一般生境,较 2006 年稍微好转,农田面积下降了 45.62%;建设用地的生境质量得分为 0,但其面积增加了 9.16%,威胁范围和程度越来越强,这说明作为威胁源的建设用地已成为保护区生境质量退化的关键性因素;裸地生境得分一直为 0,面积增长了 1.06%,其变化影响不大。人工生境向天然生境转移了 38.19%,天然生境向人工生境转移了 4.2%。

表 7 保护区 2006—2016 各土地利用/土地覆盖类型生境质量及面积比例

土地利用类型	2006 年		2016 年	
	生境得分	面积占比/%	生境得分	面积占比/%
森林	0.60	0.26	0.72	8.03
草地	0.52	24.08	0.53	45.63
湿地	0.88	24.11	0.86	30.19
农田	0.20	48.88	0.30	3.26
建设用地	0	2.18	0	11.34
裸地	0	0.49	0	1.55

5 讨论与结论

湿地自然保护区的生境质量评估对环境可持续发展、生物多样性维持和生态环境保护具有重要意义,本文以保护区刚成立之初到 2016 年的 10 a 为时间轴线,基于 InVEST(3.4.0)生物多样性的 Habitat Quality 模块,利用土地利用/土地覆被信息数据,定量的评估保护区生物多样性生态服务功能,运用模型结果的生境质量指数和平均值分析了保护区整体到分区再到土地利用/土地覆被类型的生态环境质量,揭示了保护区存在的主要环境问题,阐明了生态变化的主要原因,对保护区未来的环境保护和发展方向提供了参考。

(1) 保护区 2006 和 2016 年整体平均生境质量指数为 0.43 和 0.58,最大生境指数为 0.89 和 0.9,随着 10 a 间的发展,保护区大部分生境质量明显上

升,局部生境质量有所下降,最大生境指数较高,但是整体生境质量中等。

(2) 保护区所在各区 2016 年生境质量排名从高到低依次为灞桥区(0.69)、未央区(0.63)、高陵区(0.51)。灞桥区和未央区内湿地面积较多,耕地面积稀少,对生境质量的提高贡献较大;高陵区生境较破碎度较高,路网密集、草地面积较大,存在耕地,人为扰动性较强,抗干扰能力较差,加上正在修建的路桥,破坏林地和草地,使得生境质量偏低。

(3) 人工生境包括交通过地、居住地、工业用地和耕地对生态环境的干扰是生境质量下降的主要驱动因素,天然生境包括湿地和森林对保护区生物多样性维持功能贡献较大。保护区土地利用/土地覆被类型中,森林、湿地的生境质量得分较高,但保护区森林面积略显不足。

(4) 要提高保护区生境质量,首先要协调人地关系,减少为了经济发展对自然资源的不合理利用行为,以保护为主、发展为辅的原则,合理开发资源,走可持续发展的道路。

(5) 本研究仅使用了 InVEST 生物多样性模块进行评价,对保护区内水源涵养、水质净化、碳储量和食物供给等生态系统服务功能还有待进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] 吴树彪. 我国湿地的保护现状及对策[C]//中国科学技术协会、河南省人民政府. 第十届中国科协年会论文集(二). 中国科学技术协会、河南省人民政府:中国科学技术协会学会学术部,2008.
- [2] 肖明. GIS在流域生态环境质量评价中的应用[D]. 海南海口:海南大学,2011.
- [3] 孔达,龚文峰. 基于GIS的帽儿山景观生态综合评价[J]. 水土保持研究,2010,17(4):139-143.
- [4] 孟岩,赵庚星,程晋南,等. 基于MODIS遥感数据和GIS的山东省生态环境状况评价[J]. 中国生态农业学报,2008,16(4):1020-1024.
- [5] 潘韬,吴绍洪,戴尔阜,等. 基于InVEST模型的三江源区生态系统水源供给服务时空变化[J]. 应用生态学报,2013,24(1):183-189.
- [6] 王蓓,赵军,胡秀芳. 基于InVEST模型的黑河流域生态系统服务空间格局分析[J]. 生态学杂志,2016,35(10):2783-2792.
- [7] 白杨,郑华,庄长伟,等. 白洋淀流域生态系统服务评估及其调控[J]. 生态学报,2013,33(3):711-717.
- [8] 荆田芬,余艳红. 基于InVEST模型的高原湖泊生态系统服务功能评估体系构建[J]. 生态经济,2016,32(5):180-185.
- [9] 吴哲,陈歆,刘贝贝,等. InVEST模型及其应用的研究进展[J]. 热带农业科学,2013,33(4):58-62.
- [10] Leh M D, Matlock M D, Cummings E C, et al. Quantifying and mapping multiple ecosystem services change in West Africa [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2013,165:6-18.
- [11] Nelson E, Mendoza G, Regetz J, et al. Modeling multiple ecosystem services, biodiversity conservation, commodity production, and tradeoffs at landscape scales [J]. Frontiers in Ecology and the Environment, 2009,7(1):4-11.
- [12] 黄从红,杨军,张文娟. 生态系统服务功能评估模型研究进展[J]. 生态学报,2013,32(12):3360-3367.
- [13] 贾芳芳. 基于InVEST模型的赣江流域生态系统服务功能评估[D]. 北京:中国地质大学(北京),2014.
- [14] 白健,刘健,余坤勇,等. 基于InVEST-Biodiversity模型的闽江流域生境质量变化评价[J]. 中国科技论文,2015,10(15):1782-1788.
- [15] 包玉斌,刘康,李婷,等. 基于InVEST模型的土地利用变化对生境的影响:以陕西省黄河湿地自然保护区为例[J]. 干旱区研究,2015,32(3):622-629.
- [16] 徐建宁,孙建国,陈海鹏. 基于InVEST模型的生境质量评估:以横断山小江流域为例[J]. 安徽农业科学,2016,44(15):105-108,134.
- [17] 唐尧,祝炜平,张慧,等. InVEST模型原理及其应用研究进展[J]. 生态科学,2015,34(3):204-208.
- [18] 徐振武,冯宁. 陕西野生动物图鉴[M]. 陕西西安:陕西旅游出版社,2004.
- [19] 杨芝歌,周彬,樊登星,等. 北京山区生物多样性分析与碳储量评估[J]. 水土保持通报,2012,32(3):42-46.
- [20] 郜红娟,张朝琼,蔡广鹏. 基于InVEST模型的岩溶山区公路沿线生境质量时空变化[J]. 贵州师范大学学报:自然科学版,2016,34(3):7-12.
- [21] 钟莉娜,王军. 基于InVEST模型评估土地整治对生境质量的影响[J]. 农业工程学报,2017,33(1):250-255.
- [22] Alejandro F S, Miguel M R, Omar R M. Assessing implications of land-use and land-cover change dynamics for conservation of a highly diverse tropical rain forest[J]. Biological Conservation, 2007,138(1/2):131-145.