

# 基于土地利用与植被覆盖度的大通北川河源区 自然保护区生境质量评估

陈永国<sup>1</sup>, 刘维军<sup>1</sup>, 荣月静<sup>3,4</sup>, 傅利平<sup>1</sup>, 马立广<sup>2</sup>, 曹彦荣<sup>2</sup>

(1.青海大通北川河源区国家级自然保护区管理局, 青海 大通 810100;

2.北京山海基石信息技术有限公司, 北京 100101; 3.中国科学院 生态环境研究中心

城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 4.中国科学院大学 资源与环境学院, 北京 100049)

**摘 要:**为了掌握大通北川河源区国家级自然保护区生态系统与生境质量变化状况,优化保护对策与措施,基于 2005 年、2010 年、2015 年 3 个时间节点,分析了保护区土地利用和植被覆盖度的变化。在此基础上,基于 InVEST 模型中生境评估模块进行保护区的生境质量评估,并运用植被覆盖度(VFC)来修正生境适宜度( $H$ )指标,进而得出了更加精确的生境质量评估结果。结果表明:保护区土地利用主要以灌木林、草地、裸地为主。2005—2015 年土地利用变化不大,主要有小部分地区裸地转换为草地,保护区整体生境质量显著提升,尤其是北部与南部地区的灌木林,这与保护区植被覆盖度的分布规律基本吻合。因此,通过相关措施,减少人为干扰,增加林草植被盖度,是提高保护区生境质量的有效措施。

**关键词:**土地利用; 植被覆盖度; 生境质量; 大通北川河源区国家级自然保护区

**中图分类号:**X176; F301.24

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2020)06-0332-06

## Assessment on Habitat Quality of Datong Beichuan River Source Area Nature Reserve Based on Land Use and Vegetation Coverage

CHEN Yongguo<sup>1</sup>, LIU Weijun<sup>1</sup>, RONG Yuejing<sup>3,4</sup>, FU Liping<sup>1</sup>, MA Liguang<sup>2</sup>, CAO Yanrong<sup>2</sup>

(1.Qinghai Datong National Nature Reserve Administration of Beichuan River Source

Area, Datong, Qinghai 810100, China; 2.Beijing GISTONE Information Technology Co., Ltd.,

Beijing 100101, China; 3.State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research

Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China;

4.College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:**In order to grasp the change trend of ecosystem and habitat quality in Datong Beichuan Heyuan River Source Area National Nature Reserve and optimize the protection countermeasures and measures, the changes of land use and vegetation coverage in the National Nature Reserve of Datong Beichuan River source area were analyzed based on the three time nodes of 2005, 2010 and 2015. Based on the habitat assessment module of invest model, the habitat quality of the reserve was assessed, and the vegetation coverage (VFC) was used to modify the habitat suitability ( $H$ ) index, so as to get more accurate results of habitat quality assessment. The results showed that shrubbery, grassland and bare land were the main land uses in the reserve area; from 2005 to 2015, the change of land use was not significant, a small part of bare land was converted to grassland, the overall habitat quality of the reserve area was significantly improved, especially the shrubbery in the north and south, which was basically consistent with the distribution pattern of vegetation coverage in the reserve area.

**Keywords:** land use; vegetation coverage; habitat quality; Datong Beichuan River Source Area National Nature Reserve

收稿日期:2020-01-16

修回日期:2020-03-10

资助项目:林业补助资金专项项目“青海大通北川河源区国家级自然保护区一体化信息平台”(QHDT2018002)

第一作者:陈永国(1967—),男,青海同仁人,林业高级工程师,主要从事生态环境与保护区管理。E-mail:350151614@qq.com

通信作者:荣月静(1989—),女,山西阳泉人,工程师,主要从事生态评价与资源利用政策研究。E-mail:rongyuejing@126.com

自然保护区作为最重要的生态安全防线,资源丰富、环境优美,是生态服务功能的集中产区。随着人们环境意识的提高,自然保护区的建设和管理水平不断提高<sup>[1-2]</sup>。然而,在整个生态环境恶化、生态系统退化的背景下,自然保护区的生境质量难以判断。不同级别保护区、国家公园和风景名胜区的建立,目的是通过维持完整生态系统以实现保护物种多样性、群落多样性和生态系统多样性,维持生态系统各项功能<sup>[3-6]</sup>。

土地利用/覆盖变化影响生态系统的结构和过程,从而对生态系统格局、质量、功能产生影响<sup>[7-14]</sup>。相比土地利用类型变化对生态系统服务的显性影响,生态质量对生态系统服务的影响是隐形的,不容易被人类察觉。近年来,学者们通过研究 NDVI、植被覆盖度等生态质量因子对不同区域生态系统服务的影响,发现除土地利用变化之外,生态质量的变化同样是生态系统服务变化的重要驱动因子<sup>[15-17]</sup>。

北川河源区国家级自然保护区主要土地利用类型是森林和草地,土地利用类型变化与生态质量指数都是影响生境质量的因素,本研究在生态系统类型的基础上,通过植被覆盖度表征生态质量因子,通过对保护区生态格局、植被覆盖度的研究,综合修正生境质量评估模型参数,进而更加精确地评估保护区的生境质量空间分布状况,为保护区进一步保护与修复方向提供指导建议。

## 1 研究区概况

青海大通北川河源区国家级自然保护区位于西宁市大通县境内,地处大通县北部的北川河源头,地理坐标为东经 100°52′—101°47′,北纬 37°03′—37°28′。自然保护区地处黄土高原与青藏高原的过渡地带,境内山峦起伏,沟壑纵横,地形复杂。山区和丘陵地占总面积的 94%,整个地势西北高,东南低,由西北向东南倾斜,相对高差 1 942 m。大通北川河源区自然保护区的植物垂直分布特征较明显,自下而上,分为河川谷地落叶阔叶林植被带(海拔 2 680~2 900 m)、山地针阔叶林植被带(海拔 2 800 m)、山地常绿针叶林植被带(2 700~3 200 m)、山地灌丛类草地带(2 700~3 800 m)、亚高山灌木林植被带(海拔 3 200~3 600 m)、亚高山灌丛植被带(海拔 3 000~4 200 m)、高山草甸类草地带(3 600~4 622 m)以及裸露岩石(海拔 4 000 m 以上)。自然保护区属于半干旱、半湿润温凉性气候,保护区内有宝库河、黑林河、东峡河 3 条河流,并建有西宁市重要的水源调节水库“黑泉水库”。多年平均径流深为 217 mm,多年平均自产地表水资源量为 68.6 亿 m<sup>3</sup>。地下水资源量为 31.3 亿 m<sup>3</sup>。土壤分布具有明显的

垂直地带性,从海拔和地域分布有沼泽土、潮湿土、垫淤土、栗钙土、黑钙土、山地棕褐土、高山草甸土、高山石质土等土壤类型。保护区主要保护对象是大陆性高原气候森林生态系统,白肩雕(*Aquila heliaca*)、马麝(*Moschus chrysogaster*)、白唇鹿(*Cervus albirostris*)、冰沼草(*Scheuchzeria palustris* L.)等珍稀濒危野生动植物种群栖息地<sup>[18-19]</sup>。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

本文所采用的数据包括土地利用数据、植被覆盖度、保护区分布区域等。其中土地利用类型数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>),数据生产制作是以各期 Landsat TM/ETM 遥感影像为主要数据源,通过人工目视解译生成。土地利用类型包括耕地、林地、草地、水域、居民地和未利用土地 6 个一级类型以及 25 个二级类型,土地利用数据分辨率 30 m×30 m;植被覆盖度数据来源于中国科学院遥感与数字地球研究所,分辨率为 250 m×250 m;保护区分布图来源于保护区资料收集。

### 2.2 研究方法

InVEST 模型的 Habitat Quality 模块是通过分析人为活动或自然灾害等生态威胁因子对区域景观水平下土地利用/覆盖斑块的影响程度,来评价研究区的生境质量。本研究运用 Habitat Quality 模块对研究区的生境质量进行评估<sup>[20]</sup>。生境质量的主要输入参数包含不同年份土地利用数据、威胁因子、土地利用对威胁因子的敏感度、Habitat 因子等。具体模型方法如下:

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

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

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

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

式中: $Q_{xj}$  是土地利用与土地覆盖  $j$  中栅格  $x$  的生境质量; $D_{xj}$  是土地利用与土地覆盖或生境类型  $j$  栅格  $x$  的生境胁迫水平; $i_{rxy}$  为栅格  $y$  中胁迫因子  $r(r_y)$  对栅格  $x$  中生境的胁迫作用,可呈现线性或指数分布; $d_{xy}$  为栅格  $x$  与栅格  $y$  之间的直线距离, $d_{rmax}$  是胁迫因子  $r$  的最大影响距离。 $w_r$  为胁迫因子的权重,表明某一胁迫因子对所有生境的相对破坏力; $\beta_x$  为栅格  $x$  的可达性水平,1 表示极容易达到; $S_{jr}$  为土地利用与土地覆盖(或生境类型)  $j$  对胁迫因子  $r$  的敏感性,该值越接近 1 表示越敏感; $k$  是为半饱和常数,当  $1 - D_{xj}^z / (D_{xj}^z + k^z) = 0.5$  时, $k$  值等于  $D$  值; $H_j$  为土

地利用与土地覆盖  $j$  的生境适合性,主要是依据土地利用类型进行设置,由于  $H_j$  不仅仅受到土地利用类型的影响,同时受到生态质量的影响,因此本研究基于植被覆盖度对  $H_j$  进行修正,参考相关文献,修正公式如下<sup>[21]</sup>:

$$H=\min(H_j\times\text{VFC}\times2,1)$$

(5)

式中: $H$  为修正的  $H_j$  因子;VFC 是植被覆盖度。

### 3 结果与分析

#### 3.1 土地利用变化分析

青海北川河源区国家级保护区土地利用类型主要为林地、草地、裸地、沼泽地以及旱地等(附图 13)。林地主要以灌木林为主,面积为 328 km<sup>2</sup>,占到林地面积的 92%左右;草地主要以高覆盖草地为主,面积为 232 km<sup>2</sup>,占草地面积的 41%左右(表 1,图 1)。

表 1 保护区 2005—2015 年生态系统类型分布面积  
km<sup>2</sup>

一级分类	二级分类	2005 年	2010 年	2015 年
耕地	旱地	5.88	5.88	5.90
	合计	5.88	5.88	5.90
林地	有林地	20.05	21.06	21.04
	灌木林	328.37	328.43	328.39
	疏林地	7.64	7.64	7.65
	合计	356.06	357.13	357.08
草地	高覆盖草地	232.30	232.26	232.30
	中覆盖草地	156.33	155.40	155.86
	低覆盖草地	161.03	168.94	168.76
	合计	549.66	556.60	556.92
湿地	水库坑塘	0.00	0.00	0.00
	沼泽地	37.98	37.94	37.40
	合计	37.98	37.94	37.40
裸地	裸岩石质地	9.69	126.24	126.49
	其他	124.52	0.00	0.00
	合计	134.21	126.24	126.49

从保护区 2005—2010 年土地利用转移变化(表 2)可以看出,保护区整体土地利用类型变化不大。从 2005—2010 年,变化最大的是裸岩石质地转换为其他类型,面积为 9.66 km<sup>2</sup>,其次是其他类型转换为低覆盖草地,面积为 8.17 km<sup>2</sup>。2010—2015 年,变化最大的是裸岩石质地转换为低覆盖草地,面积为 3.40 km<sup>2</sup>。

#### 3.2 植被覆盖度分析

通过对保护区 2005 年、2010 年、2015 年年均植被覆盖度的统计(表 3,图 2),2005 年的植被覆盖度范围在 0.44%~58.58%,2010 年的植被覆盖度范围

为 0.67%~59.75%,2015 年的植被覆盖度范围为 4.33%~79.83%,可以看出保护区植被覆盖度在整体提升。将植被覆盖度按照 0%~10%,10%~30%,30%~50%,50%~70%,70%以上进行分级统计面积与比例(图 3)可以看出,2005 年与 2010 年保护区植被覆盖度主要分布在中等级,2005 年占 64.94%,2010 年占 68.23%;2015 年植被覆盖度显著提升,主要分布在中、较高等级,总共占到 85.44%;其中,中等级占 48.47%,较高等级占到 36.97%,从图 2—3 可以看出,显著提升的主要是位于保护区北部与南部地区的灌木林。

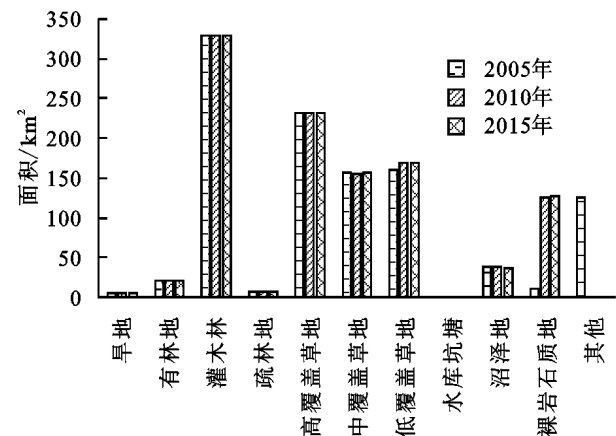


图 1 保护区 2005 年、2010 年、2015 年土地利用统计

#### 3.3 生境质量特征分析

通过 Habitat Quality 模块进行生境质量的评估,其中,  $H$  为结合 InVEST 模型与相关研究成果,依据土地利用类型设置的  $H$  值原始值,本文基于不同年份不同土地利用类型的植被覆盖度平均值对  $H$  因子进行修正,分别得出 2005 年、2010 年、2015 年  $H$  修正结果(表 4);保护区威胁因子主要来自于耕地,通过距离耕地的距离来确定威胁因子的影响范围,距离越近,威胁越大; $L_{crp}$  是不同土地利用类型对耕地的敏感性(0,1)通过文献获得(表 5)。综上得出计算出保护区生境质量特征评估结果。

从保护区 2005 年、2010 年、2015 年生境质量分布图(图 4)直观地看出保护区北部与南部灌木林生境质量显著提升。依据自然断裂法,将生境质量结果分为高、较高、中、较低、低 5 类,统计各类生境的面积及比例(图 5,表 6)。其中,保护区 2005 年和 2010 年生境质量主要处于较高、中、较低 3 个级别,2005 年占比分别为 30.42%,24.84%,29.09%,2010 年占比分别为 30.43%,24.83%,29.72%;2015 年生境质量显著提升,主要处于较高和高水平,分别占到 24.74%,32.30%。

表 2 保护区 2005—2010 年、2010—2015 年土地利用转移矩阵 km<sup>2</sup>

年份	土地利用类型	2010 年										
		旱地	有林地	灌木林	疏林地	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水库坑塘	沼泽地	裸岩石质地	其他
2005 年	旱地	5.83	0	0.04	0	0	0.01	0	0	0	0	0
	有林地	0.02	19.99	0	0.01	0.02	0.01	0	0	0	0	0
	灌木林	0.02	0.01	327.47	0	0.57	0.26	0.02	0	0	0	0.02
	疏林地	0.01	0.01	0	7.59	0.02	0.01	0	0	0	0	0
	高覆盖草地	0	0.03	0.65	0.03	231.38	0.09	0.11	0	0	0	0.01
	中覆盖草地	0	1.02	0.24	0.01	0.09	154.84	0.04	0	0	0.03	0.06
	低覆盖草地	0	0	0.02	0	0.16	0.04	160.56	0	0	0.04	0.21
	水库坑塘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	沼泽地	0	0	0.01	0	0.01	0.04	0.04	0	0	37.82	0.07
	裸岩石质地	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	9.66
	其他	0	0	0.01	0	0.01	0.07	8.17	0	0	0.04	116.21
	合计	5.88	21.06	328.43	7.64	232.26	155.4	168.94	0	0	37.94	126.2

年份	土地利用类型	2015 年										
		旱地	有林地	灌木林	疏林地	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水库坑塘	沼泽地	裸岩石质地	其他
2010 年	旱地	5.83	0.01	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0
	有林地	0.01	20.97	0.02	0.02	0.04	0.01	0	0	0	0	0
	灌木林	0.04	0.01	327.03	0	0.92	0.36	0.03	0	0.01	0.03	0
	疏林地	0.01	0.01	0	7.58	0.03	0.01	0	0	0	0	0
	高覆盖草地	0	0.03	0.84	0.03	231.03	0.1	0.19	0	0.02	0.03	0
	中覆盖草地	0.01	0.01	0.44	0.01	0.15	154.53	0.07	0	0.09	0.09	0
	低覆盖草地	0	0	0.02	0	0.12	0.11	164.99	0	0.05	3.65	0
	水库坑塘	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	沼泽地	0	0	0	0	0	0.59	0.08	0	37.19	0.08	0
	裸岩石质地	0	0	0.01	0	0.01	0.15	3.40	0	0.05	122.62	
	其他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合计	5.9	21.04	328.39	7.65	232.3	155.86	168.76	0	37.4	126.49	0

表 3 保护区年均植被覆盖度各等级面积及比例

年份	统计参数	低	较低	中	较高	高
		(0~10%)	(10%~30%)	(30%~50%)	(50%~70%)	(>70%)
2005	面积/km <sup>2</sup>	62.94	314.38	703.81	2.69	0.00
	比例/%	5.81	29.01	64.94	0.25	0.00
2010	面积/km <sup>2</sup>	45.13	282.13	739.50	17.06	0.00
	比例/%	4.16	26.03	68.23	1.57	0.00
2015	面积/km <sup>2</sup>	7.44	148.69	525.31	400.69	1.69
	比例/%	0.69	13.72	48.47	36.97	0.16

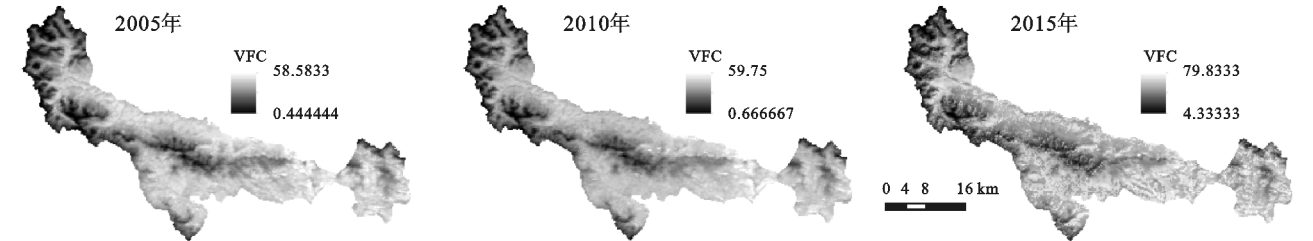


图 2 保护区 2005 年、2010 年、2015 年植被覆盖度分布



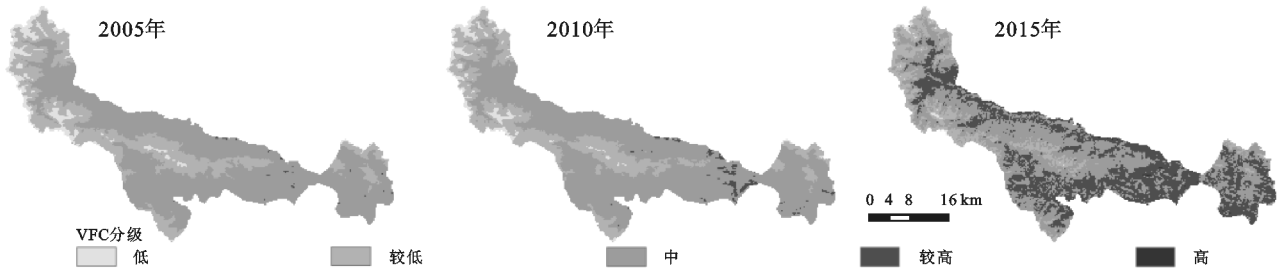


图 3 保护区 2005 年、2010 年、2015 年植被覆盖度分级

表 4 基于不同年份植被覆盖度修正的 H 因子

序号	土地利用类型	H	H 修正 (2005 年)	H 修正 (2010 年)	H 修正 (2015 年)
1	旱地	0.2	0.162443	0.170546	0.218026
2	有林地	1	0.879069	0.943632	1
3	灌木林	0.9	0.717212	0.752224	0.954661
4	疏林地	0.8	0.653612	0.689552	0.875656
5	高覆盖草地	0.7	0.53032	0.552337	0.696611
6	中覆盖草地	0.6	0.371759	0.39509	0.535629
7	低覆盖草地	0.5	0.232903	0.25483	0.361064
8	水库坑塘	0.8	0.8	0.8	0.8
9	沼泽地	0.8	0.427001	0.46905	0.63918
10	裸岩石质地	0	0	0	0
11	其他	0	0	0	0

4 讨论与结论

4.1 讨论

从 2005—2015 年大通北川河源区自然保护区土地利用类型转换发现保护区整体土地利用类型变化不大，保护区植被覆盖度变化显著，尤其是保护区北部与南部地区的灌木林植被覆盖度。同样地，保护区生境质量整体提升，北部与南部灌木林生境质量尤为显著。可以得出近 10 年大通北川河源区自然保护区生境质量的变化，与土地利用类型变化基本没有关系，主要的影响因素是保护区植被覆盖度变化，这与大通北川河源区自然保护区从 2013 年正式成为国家级自然保护区后实行封山育林育草，防止人为干扰的政策有关。

表 5 不同土地利用类型对威胁因子的敏感性

土地利用类型	旱地	有林地	灌木林	疏林地	高覆盖草地	中覆盖草地	低覆盖草地	水库坑塘	沼泽地	裸岩石质地	其他
L_crp	0.3	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0	0

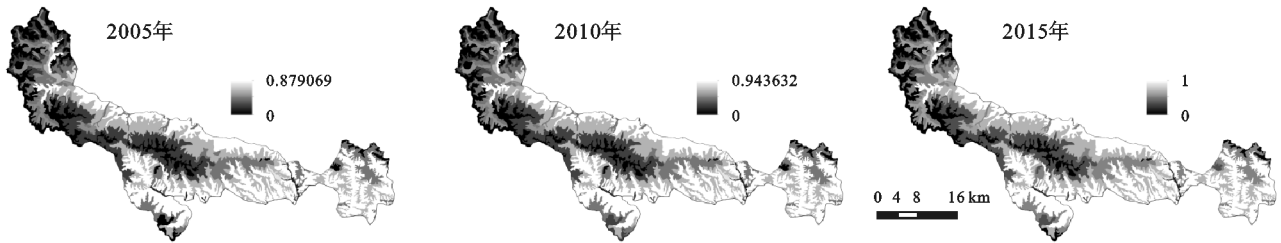


图 4 保护区 2005 年、2010 年、2015 年生境质量分布

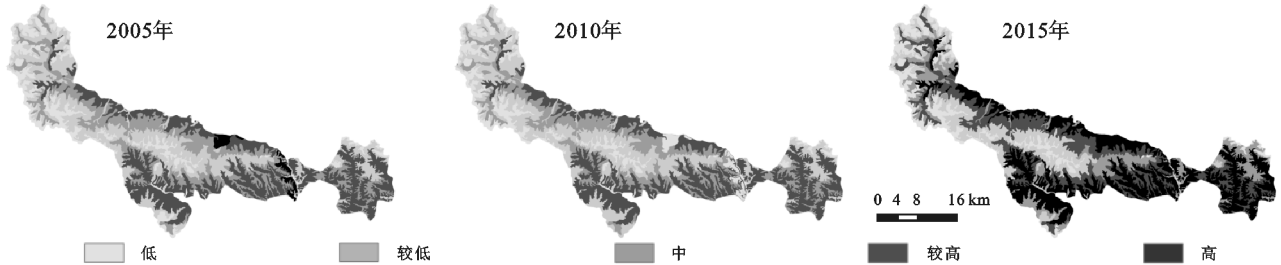


图 5 保护区 2005 年、2010 年、2015 年生境质量分级

表 6 保护区生境质量分级特征

年份	统计参数	低	较低	中	较高	高
2005	面积/km <sup>2</sup>	150.27	315.28	269.16	329.74	19.34
	比例/%	13.86	29.09	24.84	30.42	1.78
2010	面积/km <sup>2</sup>	142.40	322.07	269.14	329.78	20.40
	比例/%	13.14	29.72	24.83	30.43	1.88
2015	面积/km <sup>2</sup>	136.11	175.57	153.88	268.14	350.09
	比例/%	12.56	16.20	14.20	24.74	32.30

保护区生境质量的变化不仅受到森林、灌丛等土地利用类型的影响，同样受到植被覆盖度等生态质量的影响，本研究通过对 InVEST 模型-Habitat Quality 模块的 H 因子的修正，能够更加精准地评估保护区生境质量水平。

4.2 结论

本研究基于土地利用和植被覆盖度，对保护区生

境质量进行评估,能够从空间上反映保护区生态系统保护的好坏程度,对保护区管理和宏观决策提供空间上的参考。本研究得出在土地利用变化不明显的区域植被覆盖度等生态质量因子可能是生物多样性等生态系统服务变化的重要驱动因子,区域可以通过增加林草植被盖度,进而提高保护区的生境质量与生态系统功能,是保护区生态保护的重要方向。

保护区内生境质量提升即代表动植物栖息地、食物等条件提升,是保护区整体生物多样性水平提升的基本条件。但是本研究仅仅讨论保护区生态系统方面的变化,尚未讨论保护区动植物物种层面多样性变化,通过生境质量与物种多样性结合,能够更加有效地评估保护区在生物多样性保护与环境管理的成效,是下一步需要研究的方向。

#### 参考文献:

- [1] 马克平.当前我国自然保护区管理中存在的问题与对策思考[J].生物多样性,2016,24(3):249-251.
- [2] 朱彦鹏,王伟,罗建武,等.在建设国家公园体制下加强自然保护区综合管理[J].环境保护,2016,44(18):53-55.
- [3] 李苗苗,夏万才,王猛,等.基于文献计量的中国自然保护区地监测研究[J].生态学报,2020,40(6):2158-2165.
- [4] 王伟,辛利娟,金鸿,等.自然保护区生境质量评估:进展与展望[J].生物多样性,2016,24(10):1177-1188.
- [5] Stamans M, Balkwill K, Witkowski E T F, et al. A landscape ecological approach to address scaling problems in conservation management and monitoring[J]. Environmental Management, 2001,28(3):389-401.
- [6] Jablonska E, Falkowski T, Chormanski J, et al. Understanding the long term ecosystem stability of a fen mire by analyzing subsurface geology, eco-hydrology and nutrient stoichiometry: case study of the Rospuda Valley(NE Poland)[J]. Wetlands, 2014,34(4):815-828.
- [7] 李强峰,魏国良,康国生.泽州猕猴自然保护区土地利用/覆被及景观格局变化研究[J].测绘工程,2016,25(10):31-37.
- [8] 徐满,郑景明,张青.庐山自然保护区及其周边土地利用变化分析[J].东北林业大学学报,2012,40(8):60-65.
- [9] 李新月,李建,毕云志,等.莫莫格自然保护区土地利用变化及驱动力分析[J].国土与自然资源研究,2014,3(12):22-27.
- [10] 王燕,高吉喜,王金生,等.新疆国家级自然保护区土地利用变化的生态系统服务价值响应[J].应用生态学报,2014,25(5):1439-1446.
- [11] 刘纪远,文慧,增祥,等.20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J].地理学报,2014,69(1):3-14.
- [12] 杨梅,广录,侯永平.区域土地利用变化驱动力研究进展与展望[J].地理与地理信息科学,2011,27(1):95-100.
- [13] 孙倩,塔西甫拉提·特依拜,张飞,等.渭干河—库车河三角洲绿洲土地利用/覆被时空变化遥感研究[J].生态学报,2012,32(10):3252-3265.
- [14] 李强峰,魏国良,康国生.基于GIS的孟达自然保护区土地利用景观格局分析[J].中南林业科技大学学报,2011,31(12):65-69.
- [15] 张佰莲,王健,刘群秀,等.黑龙江大沾河自然保护区白头鹤生境质量评价[J].东北林业大学学报,2011,39(5):92-94.
- [16] 郎学东,彭明春,王崇云,等.南滚河流域亚洲象生境质量现状评价[J].云南大学学报:自然科学版,2008,30(4):415-423.
- [17] 刘雪华,靳强.秦岭中段南坡NDVI格局与生境质量变化研究[J].林业调查规划,2008,33(3):1-8.
- [18] 梦梦,刘慧芳,张树苗,等.青海大通北川河源区自然保护区资源植物多样性研究[J].林业资源管理,2010(4):144-147.
- [19] 魏有才,李永良.青海大通北川河源区自然保护区主要植物群落的物种多样性特征研究[J].试验研究,2011(2):22-25.
- [20] 荣月静,张慧,王岩松.基于Logistic-CA-Markov与InVEST模型对南京市土地利用与生物多样性功能模拟评价[J].水土保持研究,2016,23(3):82-89.
- [21] 税燕萍,卢慧婷,王慧芳,等.基于土地利用和NDVI变化的拉萨河流域生境质量评估[J].生态学报,2018,38(24):8946-8954.