

叶尔羌河平原绿洲土地利用变化及土地生态安全评价研究^①

麦丽开·艾麦提, 满苏尔·沙比提*, 张雪琪, 马国飞

(新疆师范大学地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054)

摘要:以叶尔羌河平原绿洲为研究区,选择1991年、2005年、2016年Landsat遥感影像数据,利用RS和GIS技术对研究区的土地利用进行了定量的提取和分析,同时,通过近26a社会经济数据,采用压力-状态-响应(PSR)模型构建了研究区土地生态安全评价指标体系,并利用熵值法确定了各指标权重,运用综合指数评价法从时间尺度上对1991—2016年26a间研究区土地生态安全水平进行了综合评价。结果表明:①1991—2016年除耕地、建设用地面积增加外,研究区其他地类面积均减小,林地面积减少最大为47.12%。②近26a研究区土地生态安全综合指数大致呈现递增趋势,其中,1991—2007年均处于风险级,2008—2016年土地生态环境有所改善,但安全等级处于敏感级,土地生态环境仍较差。③改善研究区土地生态安全状况,需要加大资金投入力度,促进生态建设,加强土地利用监督管理,控制人口增长,缓解人地矛盾,为实现土地生态安全的可持续发展奠定良好的基础。

关键词:土地利用变化;生态安全评价;PSR模型;叶尔羌河平原绿洲

中图分类号:F301;X826 **文献标识码:**A

土地生态安全是指在一定时空范围内,土地生态系统保持其自身结构与功能不受威胁或少受威胁的健康、平衡的状态,并能够为人类的生存与可持续发展提供相应的服务,进而维持自然、社会、经济和土地等复合体的长期稳定协调发展^[1-2]。可见,土地生态安全是土地资源可持续利用的基础与核心,土地资源作为人类赖以生存与发展的物质基础以及生存空间,已成为目前人类可持续发展研究中普遍关注的前沿课题^[3-5]。近年来,随着人口的增长、经济的迅猛发展、新型城镇化的加速推进,人类对土地资源的需求在不断加强,同时包括不适当的开发利用,由此产生了一系列的土地生态问题,直接或间接地影响着土地的生态安全,制约着人类社会的可持续发展,因此,对土地生态安全进行综合评价,深入了解土地生态安全状况已成为区域可持续发展研究的重要内容之一^[6]。其中,对土地生态系统的结构、功能、价值进行客观评价,掌握土地资源动态,了解土地资源变化特征,为土地资源可持续利用提供合理依据已经成为土地生态安全研究的主要方向^[7]。目前,土地生态安全评价方法主要集中于从自然、经济和社会因素等视角出发,基于压力-状态-响应(PSR)模型框架指引,结合

运用生态足迹、景观生态、物元分析等模型和应用GIS技术、支持向量机等多种评价方法,通过构建土地生态安全评价指标体系对区域土地生态安全进行评价^[8]。

本研究在梳理相关研究的基础上,选取西北干旱脆弱区——叶尔羌河平原绿洲为研究靶区,从时间尺度上对研究区1991—2016年土地生态安全状况进行评价,目的在于明确叶尔羌河平原绿洲土地利用变化特征及土地生态环境现状,分析其土地生态安全目前存在的主要问题与影响因素,以期对研究区土地生态安全状况的合理改善和土地利用的优化、规划以及生态环境的保护提供一定的理论参考和科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

叶尔羌河流域地理坐标为74°28′~80°54′E,34°50′~40°31′N,地处塔克拉玛干沙漠西缘,喀喇昆仑山北麓,北抵天山南麓与阿克苏地区相接,流域地形西南高、东北低,大致分为山区和平原两大气候区^[9]。本文研究区为处于叶尔羌河流域中下游的平原绿洲区,在行政区划上包括喀什地区的叶城、泽普、莎

基金项目:国家自然科学基金项目(41661100)和新疆师范大学研究生科技创新项目(XSY201902008)资助。

* 通讯作者(mansursa@163.com)

作者简介:麦丽开·艾麦提(1994—),女,新疆疏附人,硕士研究生,研究方向为干旱区绿洲环境演变。E-mail: malika1210@163.com

车、麦盖提、巴楚等县域,土地总面积为 $4.96 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 占新疆总面积的 2.98%。至 2016 年末,绿洲内共有人口为 2.25×10^6 人,其中乡村人口约为 1.76×10^6 人,占人口总数的 78.2%。地区生产总值 345.07×10^8 元,比 2015 年增长 15.62×10^8 元。农业总产值为 2.23×10^{10} 元,占农林牧渔业总产值的 74.03%。叶尔羌河平原绿洲是新疆南疆最大的绿洲、著名的粮棉基地,其中粮食总产量为 $1.69 \times 10^6 \text{ t}$,总播种面积 $2.77 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。

2015 年绿洲区人口约为流域总人口的 98.24%,剧烈的人类活动导致区域土地利用发生了显著变化,绿洲外围荒漠区的地下水位不断下降,荒漠区面积逐渐扩大^[10]。2016 年,研究区未利用土地占总面积的 74.74%,成为区域景观面积最大、连通程度最高的地类^[10](图 1)。目前,与叶尔羌河平原绿洲区相关的研究多集中于水资源配置^[11-12]、气候变化^[13-14]等方面,有关土地生态安全方面的研究甚少,基于此,本文以 PSR 模型为基础,通过构建土地生态安全评价指标体系,揭示土地生态安全现状以及进行诊断性分析,其对改善研究区所用的土地生态安全具有重要的现实意义。

1.2 数据来源与处理

本研究选取的土地利用数据来自地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>), Landsat TM/ETM⁺影像,成像时间分别为 1991 年、2005 年和 2016 年的 8—9 月(每期共 5 景,轨道号分别为 147/32、147/33、148/32、148/33、148/34),云量均小于 10%。所依据的基础数据主要来源于《新疆统计年鉴(1992—2017)》、《喀什统计年鉴(1992—2017)》、《中国气象灾害大典(新疆卷 1949—2000)》、所辖县地方志以及由相关职能部门提供的统计数据计算和整理获得。据经团队实地考察及研究区土地利用程度,本研究将叶尔羌河平原绿洲土地利用分为 7 类:耕地、林地、草地、湿地、水域、建设用地和未利用土地,Kappa 系数均达到 80%,分类结果符合当地实际情况,满足研究需要。遥感影像解译过程参见文献[9]。

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化分析 单一土地利用动态度可以反映研究区一定时间范围内特定土地利用类型的数量变化程度^[15-16],通过分析可以了解某种土地利用类型的结构变化及趋势,其直观地反映某种土地利用变化的幅度和速度,计算公式为:

$$k = \frac{(U_b - U_a)}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: k 为研究时段单一土地利用类型的动态度;

U_a 、 U_b 分别为研究初期和末期单一土地利用类型的面积(hm^2); T 为研究时段长度(a)。若 $k > 0$,则表示某土地利用类型的面积增加,反之,则为减少。绝对值 k 的大小表明某土地利用类型变化速度的快慢。

1.3.2 土地生态安全评价 1)评价指标体系建立。本文运用 PSR 框架模型,在借鉴相关研究^[17-19]的基础上,结合数据的可得性,遵循指标选取的科学性、实用性、合理性及完整性等原则,同时充分考虑研究区的生态环境、土地利用/覆被变化特征等实际情况^[20],最终筛选出了相应的指标,构建了包含目标层、准则层、指标层 3 个层次共计 24 个指标的研究区土地生态安全评价指标体系(表 1)。

2)评价指标数据标准化处理。由于各指标具有不同的测度量级,无可比性,不便于分析甚至会影响评价结果,因此本文采用极差法^[21]进行各指标的标准化处理。其计算公式如下:

正向指标:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (2)$$

负向指标:

$$y_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (3)$$

式(1)、(2)中: y_{ij} 为第 i 年第 j 个指标的标准值; x_{ij} 为第 i 年第 j 个指标的原始值; $\max(x_{ij})$ 、 $\min(x_{ij})$ 分别为第 j 个评价指标的最大值和最小值。其中 $i=1,2,\dots,m$; $j=1,2,\dots,n$ 。

3)评价指标权重确定。目前,确定指标权重的方法有主观赋权法和客观赋权法两种。在对研究区土地生态安全的各指标进行赋权时本文采用客观性较强的熵权法,其将避免评价结果产生主观偏差,能够更客观地反映各指标对研究区土地生态安全状况的影响程度^[22]。具体的计算过程为:

定义 f_{ij} 为第 j 项指标下第 i 个被评价对象的指标比重,采用公式为:

$$f_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}} \quad (4)$$

式中: n 为研究年份,本文为 26; j 为指标个数,本文为 24。

定义 P_j 为第 j 项指标的熵值,采用公式为:

$$P_j = -K \sum_{i=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (5)$$

表 1 叶尔羌河平原绿洲土地生态安全评价指标体系及权重
Table 1 Evaluation indexes and their weights of land ecological security in oasis of Yarkant River Plain

目标层	准则层	权重	指标层		安全趋势	权重	排序		
			指标名称	指标代号					
土地生态安全评价指标体系	系统压力 PI	0.317 4	人口密度(人/km ²)	C1	逆向	0.057 2	6		
			人口自然增长率(‰)	C2	逆向	0.007 2	22		
			经济密度(万元/km ²)	C3	正向	0.047 4	9		
			GDP 增长率(比上年)(%)	C4	正向	0.016 6	21		
			城镇化程度(%)	C5	正向	0.024 3	17		
			土地垦殖指数(%)	C6	逆向	0.065 8	4		
			农药使用强度(kg/hm ²)	C7	逆向	0.039 0	14		
			化肥使用强度(kg/hm ²)	C8	逆向	0.057 1	7		
			地膜使用强度(kg/hm ²)	C9	逆向	0.002 8	24		
	系统状态 SI	0.269 6	第三产业占 GDP 比重(%)	C10	正向	0.028 3	16		
			人均耕地面积(hm ² /人)	C11	正向	0.047 6	8		
			农作物播种面积(hm ²)	C12	正向	0.023 6	18		
			单位耕地的粮食产量(kg/hm ²)	C13	正向	0.019 6	19		
			人均粮食产量(kg/人)	C14	正向	0.044 5	10		
			农业机械化水平(W/hm ²)	C15	正向	0.038 1	15		
			水土协调度(%)	C16	正向	0.018 2	20		
			在岗职工年平均工资量(元)	C17	正向	0.043 4	11		
			农作物受灾面积(hm ²)	C18	逆向	0.006 3	23		
			系统响应 RI	0.412 9	当年造林面积(hm ²)	C19	正向	0.116 2	1
					农牧民人均纯收入(元)	C20	正向	0.042 5	12
					人均 GDP(元)	C21	正向	0.040 2	13
					教育事业投资占 GDP 比重(%)	C22	正向	0.069 6	3
					水利、环境和公共设施管理业投资(万元)	C23	正向	0.060 9	5
					固定资产投资(万元)	C24	正向	0.083 5	2

式中： $K = \frac{1}{\ln n}$ ；当 $f_{ij}=0$ 时，令 $f_{ij} \ln f_{ij}=0$ 。

定义 W_j 为第 j 项指标的熵权，采用公式为：

$$W_j = \frac{1 - P_j}{\sum_{i=1}^n (1 - P_j)} \quad (6)$$

其中： $0 < W_j < 1$ ， $\sum_{i=1}^n W_j = 1$ 。

如果某个指标的信息熵越小，说明该项指标值的相对变化程度越大，其指标所提供信息的有效性也越大，在综合评价中所起的作用也就越大，故其权重也应越大，反之就越小^[23-24]。通过上述步骤，对各项指标进行标准化处理及确定权重(表 1)，以为多指标综合评价提供客观依据。

4)土地生态安全综合指数计算。本文采用综合评价模型^[2,18,25]，对研究区的土地生态安全状况进行计算及定量评价。其计算公式为：

$$LES = \sum_{j=1}^n y_j W_j \quad (7)$$

式中：LES 为研究区土地生态安全的综合值； y_j 为第 j 个指标的标准化值； W_j 为第 j 个指标的权重值，其数值越大，说明研究区域生态安全的状况越好，反之，其生态安全状况越差。

根据计算所得的土地生态安全综合值，本文参考前人的相关研究^[2,26-27]，同时结合研究区土地生态安全的实际情况，将土地生态安全综合值(0~1)设置为 5 个等级(表 2)，在此基础上进行土地生态安全评价，确定研究区生态安全状态。

表 2 叶尔羌河平原绿洲土地生态安全等级划分标准
Table 2 Classification criterion of land ecological security in oasis of Yarkant River Plain

生态安全等级	安全区间	表征状态	评价及特征描述
	LES > 0.8	安全级	土地生态环境基本未受干扰破坏, 生态系统恢复再生能力强, 生态灾害极少发生, 生态问题不显著
	0.6 < LES ≤ 0.8	良好级	土地生态环境较少受到破坏, 一般干扰下可恢复, 生态灾害发生的可能性较小
	0.4 < LES ≤ 0.6	敏感级	土地生态环境受到一定程度的破坏, 受干扰后易恶化, 生态灾害时有发生
	0.2 < LES ≤ 0.4	风险级	土地生态环境受到较大破坏, 受外界干扰后恢复较难, 生态灾害较多
	LES ≤ 0.2	恶劣级	土地生态环境受到严重破坏, 生态系统恢复与重建困难, 生态灾害频发

2 结果与分析

2.1 研究区土地利用类型变化

通过对叶尔羌河平原绿洲遥感影像的精确解译, 分别得到了研究区 1991 年、2005 年和 2016 年土地利用空间格局(图 1)、各土地利用类型面积及百分比(表 3)。研究区土地利用程度较低, 主要以未利用土地、耕地和草地为主, 三者总和占研究区总面积的 94.47%。1991—2016 年, 耕地和建设用地分别以年均 4.65% 和 1.97% 的速度增加, 分别增长了 3.50×

10⁵、9.30×10³ hm², 其中耕地的增幅最大(116.13%), 建设用地的增幅最小(49.28%); 林地、湿地、草地、水体和未利用地分别以年均 1.88%、0.11%、0.36%、0.15% 和 0.23% 的速度减小, 分别减少了 8.98×10⁴、4.81×10²、3.78×10⁴、3.11×10³ 和 2.28×10⁵ hm², 减少幅度分别为 47.12%、2.87%、9.07%、3.82% 和 5.79%。综合分析可知, 近 26 a 来人为活动或自然环境变化对耕地的影响最大, 其次是建设用地、林地、草地、未利用土地、水体和湿地(从动态度的变化结果中也可以得出同样的结论)^[28]。这与研究区的实际情况相

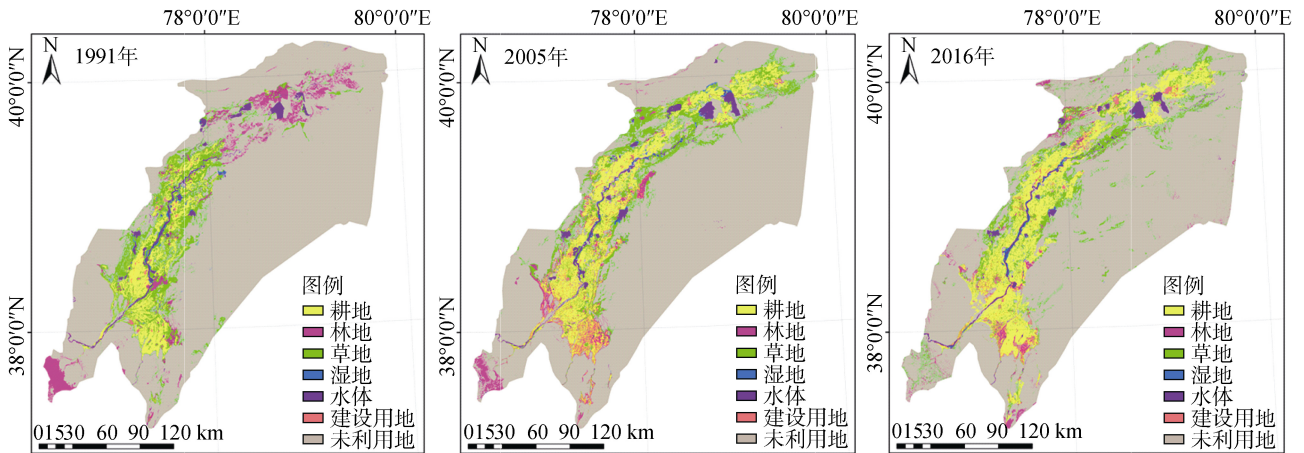


图 1 叶尔羌河平原绿洲 1991 年、2005 年、2016 年土地利用变化
Fig. 1 Land use changes of Yarkant Plain Oasis in 1991, 2005 and 2016

表 3 叶尔羌河平原绿洲 1991—2016 年土地利用类型变化
Table 3 land use types change of Yarkant River Plain Oasis from 1991 to 2016

土地利用类型	1991 年		2005 年		2016 年		动态度(%)		
	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)	1991—2005	2005—2016	1991—2016
耕地	301 355	6.07	547 553	11.03	651 308	13.12	5.84	1.72	4.65
林地	190 490	3.84	163 184	3.29	100 726	2.03	-1.02	-3.48	-1.88
草地	416 542	8.39	414 115	8.34	378 767	7.63	-0.04	-0.78	-0.36
湿地	16 771	0.34	19 533	0.39	16 290	0.33	1.18	-1.51	-0.11
水体	81 334	1.64	89 320	1.80	78 228	1.58	0.70	-1.13	-0.15
建设用地	18 875	0.38	20 310	0.41	28 175	0.57	0.54	3.52	1.97
未利用土地	3 937 925	79.34	3 709 291	74.73	3 709 813	74.74	-0.41	0.001	-0.23

符合。首先,叶尔羌河平原绿洲是全疆最大的农业灌区之一,1991—2016年平均农业产值占全疆农业产值的9.50%,占喀什地区农业产值的58.53%;其次,叶尔羌河平原绿洲承载着全流域近95%的人口,其中以从事农业生产活动为主的劳动力占82%,1991—2016年农业生产总值约占农林牧渔业总产值的70.95%,绿洲农业的重要性不言而喻,其中体现出耕地的动态度最大,建设用地次之。由于当今耕地、建设用地的需求不断扩大,这无疑需要以牺牲其他土地利用类型的面积为代价,进而导致林地、草地、未利用土地、水体、湿地的面积减小^[9]。

2.2 研究区土地生态安全评价指标权重

通过熵权法得出的各指标权重及排序(表1),在研究区土地生态安全评价指标体系准则层中,系统压力、系统状态与系统响应的权重分别是0.3174、0.2696、0.4129,表明在这个评价指标体系中响应指标所占的比重最大,是生态安全评价的重要影响因素。从各指标的权重排序可以看出,当年造林面积、固定资产投资、教育事业投资占GDP比重、土地垦殖指数、水利、环境和公共设施管理业投资、人口密度、化肥使用强度对研究区生态安全的影响较大,其权重均大于0.05;地膜使用强度、农作物受灾面积、人口自然增长率对研究区生态安全影响相对较弱,其权重均小于0.01。这与研究区的实际情况相符。近年来,叶尔羌河平原绿洲作为西部大开发与“十三五”对口援疆工作的重点针对区域,大力发展经济,随固定资产投资的增加,科技、教育、水利、环保和公共设施管理业的投入也同步增加。造林面积增加,进一步改善了生态环境;教育事业投资占GDP的比重增大;随着绿洲人口的不断增长,开垦面积不断扩大并导致了土地垦殖指数的增大。从而,在叶尔羌河平原绿洲土地生态安全评价体系中,这些指标起了很重要的作用。

2.3 研究区土地生态安全综合评价

压力指数、状态指数与响应指数共同决定了叶尔羌河平原绿洲土地生态安全综合指数^[26]。由表4可知,叶尔羌河平原绿洲土地生态安全综合指数大致呈现递增趋势。其中,1991—2012年土地生态安全综合指数呈现先减后增再减又增的反复“W”型变化趋势。1991—2007年土地生态安全等级一直处于风险状态;2007—2008年土地生态安全综合指数从0.3447增长为0.4080,并且土地生态安全等级从危险级上升到敏感级状态。2012—2016年土地生态安全综合指数呈现出“V”型变化趋势,土地生态安全等级仍处于敏感级状态。通过分析可知,研究区土地生态安

全至研究期末仍处于敏感级状态,说明研究区生态压力还没得到根本性缓解,其主要原因在于:人口密度呈现上升趋势。人口密度由1991年的53.69人/km²上升到2016年的86.04人/km²;人口自然增长率由1988年的12.77‰上升到2016年的16.83‰;人地矛盾突出,自然灾害频繁。叶尔羌河平原绿洲虽然土地面积大,但是土地利用程度较低。绿洲人口224.92万,人均耕地面积仅0.167hm²/人。人均收入虽逐年上升,但叶尔羌河平原绿洲财政收入整体仍处于较低水平。叶尔羌河平原绿洲以农业为主,因化肥使用量较强,生态系统结构简单,非绿洲面积较大,所以生态环境极其脆弱。长期以来,由于人口持续增长,新型城镇化的加速推进以及盲目进行土地开垦等原因,导致大量水、土资源的浪费,光热资源利用效率低,有限的植被资源不断受到破坏,林地、草场大面积的退化萎缩,并引发土壤沙漠化、盐渍化、环境污染等一些列问题,使得研究区土地生态安全仍存在较大的隐患与威胁。2000年以来,随着国家对于西部大开发战略的重视程度不断提高,技术型人才不断引进,对科技、水利、环境和公共设施管理业的投资加大,叶尔羌河平原绿洲的经济呈现出良好的发展趋势,这也是研究区土地生态安全综合指数从2008年以后呈现增长趋势的原因;另外,2010年召开的中央新疆工作座谈会和2015年召开的第五次全国对口支援新疆工作会议之后,推动了各项事业的快速发展,这一变化表明在政府的政策引导下,研究区土地生态安全正在逐渐改善,所实施的一系列政策计划对于研究区土地生态安全有重要的作用。

土地生态安全压力指数越小,土地生态安全压力就越大,反之就越小^[18]。由表4可知,研究区压力指数的变化呈现逐年减小的趋势,这说明叶尔羌河平原绿洲的土地生态安全受人类活动的影响很大,土地生态系统面临着严重的冲击与破坏。通过系统压力指标的分析,发现造成这一现象的主要原因是随着绿洲人口的不断增长,开垦面积不断扩大,导致了土地垦殖指数的增大,土地垦殖指数由1991年的9.15%增长为2016年的13.66%;2016年人口密度是1991年的1.6倍,年均增长率达到1.7%;另外,其与化肥的使用强度有密切的关系,这些将导致水土资源污染,土壤盐碱化程度加剧,最终增加了土地生态安全压力。继续实行有效的人口政策,注重控制人口增长,降低土地承载压力,提高人口文化素质,鼓励农牧民发展新型绿色农业,合理施用化肥、农药,减轻对土地资源的污染,以此来进一步改善研究区的土地生态

安全状况。

由表 4 可以看出,叶尔羌河平原绿洲的状态指数呈现缓慢递增趋势,这表明研究区土地生态系统状态正缓慢趋向好转。这主要是因为,在状态层指标中人均粮食产量、在岗职工年均工资量处于不断增长的趋势,1991—2016 年人均粮食产量从 482 kg 增加到 774.4 kg,在岗职工年均工资量从 2 387.4 元增加到 72 616.8 元。另外,农业机械化水平不断提高,单位耕地面积农业机械总动力由 1 156 W/hm² 提高至 6 882.88 W/hm²,保障了农业的生产效率,并反映出平原绿洲在经济、社会、环境和生态的协调发展。但由于研究区土地生态环境比较脆弱,自然灾害频繁,各年份灾情程度和受灾面积差异较大,一旦受损,恢复困难,因此土地生态环境的改善是一个长期、缓慢的过程,从而研究区状态指数大体呈现缓慢上升的趋

势。今后应通过积极开展农村土地整治,规范土地利用活动,不断增加有效土地数量,提高耕地质量,达到改善土地生态环境的目的。

土地生态安全响应指数越大,研究区域抵御生态风险的能力越强,土地生态环境越安全。由表 4 可知,叶尔羌河平原绿洲土地生态安全系统的响应指数呈相对平缓的上升趋势,前期发展速度较缓慢,从 2006 年开始上升速度加快,反映了研究区域环保意识与环保能力在不断增强并对区域社会发展起到了很大的作用。近年来,随着西部大开发的进程不断深入,政府的财政调控能力不断增强,对科技、教育事业和环保的投入更加科学合理,对生态环境保护和支持力度增强。由此可知,叶尔羌河平原绿洲解决土地生态安全系统问题的能力也在不断地提高与上升。

表 4 叶尔羌河平原绿洲土地生态安全综合值

Table 4 Comprehensive values of land ecological security in Yarkant River plain oasis from 1991 to 2016

年份	生态安全指数	压力指数	状态指数	响应指数	安全等级	安全状态
1991	0.254 5	0.203 8	0.047 1	0.003 6	IV	风险级
1992	0.243 5	0.194 9	0.043 8	0.004 8	IV	风险级
1993	0.263 2	0.205 8	0.050 4	0.007 0	IV	风险级
1994	0.241 4	0.198 1	0.033 2	0.010 1	IV	风险级
1995	0.245 3	0.193 0	0.039 0	0.013 3	IV	风险级
1996	0.231 4	0.170 9	0.048 9	0.011 6	IV	风险级
1997	0.232 9	0.169 3	0.048 6	0.015 0	IV	风险级
1998	0.235 0	0.165 9	0.052 0	0.017 1	IV	风险级
1999	0.244 1	0.174 4	0.055 2	0.014 5	IV	风险级
2000	0.254 9	0.176 5	0.060 5	0.017 9	IV	风险级
2001	0.257 1	0.167 5	0.060 6	0.029 0	IV	风险级
2002	0.280 9	0.177 1	0.075 0	0.028 8	IV	风险级
2003	0.276 5	0.178 8	0.058 0	0.039 7	IV	风险级
2004	0.286 0	0.173 7	0.073 1	0.039 2	IV	风险级
2005	0.294 5	0.178 0	0.086 2	0.030 3	IV	风险级
2006	0.349 6	0.171 6	0.115 4	0.062 6	IV	风险级
2007	0.344 7	0.172 9	0.116 6	0.055 2	IV	风险级
2008	0.408 0	0.126 2	0.140 9	0.140 9	III	敏感级
2009	0.469 9	0.120 2	0.171 0	0.178 7	III	敏感级
2010	0.496 0	0.104 8	0.176 1	0.215 1	III	敏感级
2011	0.468 2	0.090 4	0.170 3	0.207 5	III	敏感级
2012	0.526 5	0.089 7	0.180 3	0.256 5	III	敏感级
2013	0.462 6	0.093 8	0.177 0	0.191 8	III	敏感级
2014	0.447 3	0.077 3	0.190 7	0.179 3	III	敏感级
2015	0.474 0	0.061 2	0.207 5	0.205 3	III	敏感级
2016	0.535 2	0.057 9	0.225 1	0.252 2	III	敏感级

3 结论

1)叶尔羌河平原绿洲土地利用类型主要以未利用土地、耕地、草地为主,三者面积之和占总面积的 94.47%。1991—2016 年除耕地、建设用地面积增大外,其余地类面积均减小,其中耕地动态度最大,建设用地次之,湿地最小。

2)叶尔羌河平原绿洲土地生态安全综合指数大致呈递增趋势,其中,1991—2007 年均处于风险级,2008—2016 年土地生态环境状况有所改善,但安全等级处于敏感级,土地生态环境仍较差。

3)从 3 个系统的安全指数来看,研究区压力指数呈逐年减小的发展趋势,状态指数和响应指数均出现递增的发展趋势,其中响应指标在土地生态安全评价过程中起重要作用,说明改善叶尔羌河平原绿洲土地生态安全状况,需要加大资金投入力度,加强生态建设与土地利用监督管理,牢固树立土地生态安全的理念,积极开展农村土地整治工作,做好宣传教育,使保护土地生态安全的观念深入人心;控制人口增长速度,缓解人地矛盾,做到人与土地资源的和谐共处,为实现土地资源生态安全的可持续发展奠定良好的基础。

参考文献：

- [1] Huang L, Yan L J, Wu J G. Assessing urban sustainability of Chinese megacities: 35 years after the economic reform and open-door policy[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2016, 145: 57-70
- [2] 黄木易, 褚楚, 何翔. 皖江城市带示范区土地资源生态安全警情测度及时空分析[J]. *土壤*, 2017, 49(4): 846-852
- [3] 王东芳, 张飞, 周梅, 等. 基于多种空间静态指标的土地生态安全评价——以精河县为例[J]. *安全与环境学报*, 2017, 17(2): 753-759
- [4] 吴绍华, 虞燕娜, 朱江, 等. 土壤生态系统服务的概念、量化及其对城市化的响应[J]. *土壤学报*, 2015, 52(5): 970-978
- [5] 陈姗姗, 刘康, 李婷, 等. 基于 In VEST 模型的商洛市水土保持生态服务功能研究[J]. *土壤学报*, 2016, 53(3): 800-807
- [6] 黄辉玲, 罗文斌, 吴次芳, 等. 基于物元分析的土地生态安全评价[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(3): 316-322
- [7] 陈西蕊, 张蓉珍. 基于 P-S-R 模型的陕西省土地资源生态安全动态评价[J]. *南方农业学报*, 2011, 42(2): 224-228
- [8] 范瑞锭, 陈松林, 戴菲, 等. 福建省土地利用生态安全评价[J]. *福建师范大学学报(自然科学版)*, 2010, 26(5): 97-101, 108
- [9] 张雪琪, 满苏尔·沙比提, 马国飞. 基于生态系统服务的叶尔羌河平原绿洲生态经济协调发展分析[J]. *环境科学研究*, 2018, 31(6): 1114-1122
- [10] 张雪琪, 满苏尔·沙比提, 马国飞. 基于生态足迹改进模型的叶尔羌河平原绿洲生态安全评价[J]. *生态与农村环境学报*, 2018, 34(9): 840-849
- [11] 陈钟望, 杨汉波, 陈东. 叶尔羌河绿洲近 20 年来地下水埋深变化及其原因分析[J]. *水利发电学报*, 2016, 35(6): 58-66
- [12] 程仲雷, 海米提·依米提, 戚印鑫. 新疆叶尔羌河流域山区降水与平原河川径流关系研究[J]. *水电能源科学*, 2012, 30(1): 6-8, 213
- [13] 张雪琪, 满苏尔·沙比提, 马国飞. 近 60 年来叶尔羌河平原绿洲气候变化特征分析[J]. *新疆师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 36(3): 17-24
- [14] 孙本国, 毛炜峰, 冯燕茹, 等. 叶尔羌河流域气温、降水及径流变化特征分析[J]. *干旱区研究*, 2006, 23(2): 203-209
- [15] 满苏尔·沙比提, 马国飞, 张雪琪. 托木尔峰国家级自然保护区土地利用/覆被变化及驱动力分析[J]. *冰川冻土*, 2017, 39(6): 1241-1248
- [16] 全斌, 宋慧, 李朝奎, 等. 泉州土地利用变化与区域比较[J]. *土壤*, 2015, 47(6): 1199-1208
- [17] Han B L, Liu H X, Wang R S. Urban ecological security assessment for cities in the Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan region based on fuzzy and entropy methods[J]. *Ecological Modelling*, 2015, 318: 217-225
- [18] 张茹, 戴文婷, 刘兆顺, 等. 我国北方农牧交错区土地生态安全评价——以白城市为例[J]. *水土保持研究*, 2017, 24(2): 259-266
- [19] 于海洋, 张飞, 王娟, 等. 博尔塔拉蒙古自治州近 20 年土地生态安全评价与趋势分析[J]. *安全与环境学报*, 2017, 17(2): 760-767
- [20] 张广朋, 徐海量, 杜清, 等. 近 20a 叶尔羌河流域生态服务价值对土地利用/覆被变化的响应[J]. *干旱区研究*, 2016, 33(6): 1303-1310
- [21] 郭宇伦, 师学义, 璩路路, 等. 基于 PSR-CPM 模型的市域土地生态安全评价[J]. *水土保持研究*, 2017, 24(4): 108-112
- [22] 侯玉乐, 李钢, 渠俊峰, 等. 基于改进灰靶模型的土地生态安全评价——以江苏省徐州市为例[J]. *水土保持研究*, 2017, 24(1): 285-290
- [23] 马倩, 张洋, 赵枫. 基于 PSR 模型的干旱区绿洲城市生态安全评价——以乌鲁木齐市为例[J]. *土壤通报*, 2011, 42(5): 1225-1230
- [24] 马轩凯, 高敏华. 西北干旱地区绿洲城市土地生态安全动态评价——以新疆库尔勒市为例[J]. *干旱区地理*, 2017, 40(1): 172-180
- [25] 黄木易, 何翔. 基于云模型与熵权法的安徽省土地生态安全评价研究[J]. *土壤*, 2016, 48(5): 1049-1054
- [26] 焦红, 汪洋. 基于 PSR 模型的佳木斯市土地生态安全综合评价[J]. *中国农业资源与区划*, 2016, 37(11): 29-36
- [27] 王宏卫, 段魏魏, 塔西甫拉提·特依拜. 新疆干旱区于田绿洲生态安全评价及影响因子研究[J]. *水土保持研究*, 2015, 22(3): 247-252, 258
- [28] 罗维, 易海杰, 李红举, 等. 洋河流域土地利用时空变异及其对生态服务功能价值的影响[J]. *生态学报*, 2017, 37(16): 5342-5351

Study on Land Use Change and Land Ecological Security Evaluation in Oasis of Yarkant River Plain

Malika AMAT, Mansur SHABITI*, ZHANG Xueqi, MA Guofei

(College of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China)

Abstract: Taking the oasis of the Yarkant River Plain as the study area, Landsat remote sensing images in 1991, 2005 and 2016 were selected, and land use types were quantitatively extracted and analyzed by using RS and GIS techniques, and social and economic data in the same periods were used to extract and analyze to construct the evaluation index system of land ecological security by using PSR model, the weight of each index was determined by entropy method, and then the land ecological security levels from 1991 to 2016 were evaluated synthetically by using the method of comprehensive index evaluation on the time scale. The results showed that during 1991—2016, except for cultivated land and construction land, the areas of other land use types decreased, and woodland decreased most, by 47.12%. The comprehensive index of land ecological security in the oasis of Yarkant River Plain showed an increasing trend, among which, it was at the risk level during 1991—2007, and changed to the sensitive level in 2018—2—16 with the improvement of land ecological environment, but it still indicated a poor land ecological environment. To improve the land ecological security of the oasis in the Yarkant River Plain, it is necessary to increase the fund investment to promote the ecological construction in strengthening land use supervision and management, controlling population growth and alleviating contradiction between people and land in order to lay a solid foundation for the sustainable development of land ecological security.

Key words: Land use change; Ecological security evaluation; PSR model; Yarkant River Plain Oasis