

干旱区生态弹性度与土地利用分析

卢航¹, 孙桂丽^{1,2}, 陆海燕¹, 李路¹, 白一纯¹

(1. 新疆农业大学林学与园艺学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 干旱区林业生态与产业技术重点实验室, 乌鲁木齐 830052)

摘要:【目的】研究新疆鄯善县土地利用变化和生态弹性度,为鄯善县的生态建设提供参考。【方法】采用GIS技术,生态弹性度,分析鄯善县近35年间生态弹性度和土地利用变化及生态效应,并利用Markov模型对2025年土地覆盖状况模拟预测。【结果】鄯善县土地覆盖转换程度较大,土地利用指数变化比较明显。在一、二级分类对比情况下,1980~2015年土地利用动态指数的变化趋势,草地中动态指数最高的是中覆盖度草地、高覆盖度草地最低,林地中动态指数最高的是其它林地、灌木林和疏林地次之、有林地最低,水域中动态指数最高的是湖泊、水库坑塘最低;年均土地利用程度综合指数为109.38,各土地利用类型中只有林地面积和未利用地面积随年份减少,其他各土地类型面积随年份增加;各研究年分的生态弹性度分别为1.49、1.51、1.51、1.65、2.34,整体呈现增大趋势。鄯善县生态价值整体增长,土地生态价值的变化和土地利用类型面积的变化相互对应。2015~2025年耕地、林地、草地和建设用地面积在缓慢持续增加,水域出现少量减少的趋势。【结论】鄯善县各土地类型剧烈转换,土地利用现状不稳定状态。生态弹性度和生态价值指数整体增大趋势,其中水域情况的改善会促进生态环境呈良性循环发展的趋势。

关键词:生态效应;土地利用动态指数;生态弹性度;生态预测

中图分类号:S9

文献标识码:A

文章编号:1001-4330(2020)10-1901-11

0 引言

【研究意义】生态系统稳定性评价研究始于20世纪70年代^[1,2]。“弹性力”是指生态系统外部的介入受到影响其内部维持平衡能力^[3]。生态弹性力是指不同脆弱性状态下生态区的综合性变量,可用于评价干旱区的生态系统稳定程度。土地利用类型变换已有文献研究^[4-5]。土地利用变化会影响和改变生态环境的状态,生态弹性度可以更好地表达出土地利用变化对研究区生态的影响程度。通过生态环境系统的组成结构和各部分情况来判断生态弹性状况,以及在研究区内进行土地规划,可为植被生境、土地利用变化的调整提供理论支撑。【前人研究进展】针对生态弹性研究主要聚焦在生态脆弱的中国北方林牧交错带和西北干旱区^[6-8]。高吉喜^[9]、张宝秀^[10]等提出

研究区生态系统弹性力的大小,是在一定的范围和时间内不改变系数的情况下以限度确立的。王云霞等^[11]采用目标分层法建立生态系统弹性力指标体系,评价北京地区的生态弹性力。张星标等^[12]在江西省采用层析和数学结合的方法对弹性力进行评价。【本研究切入点】鄯善县处于极端干旱区,植被覆盖率低,干旱风沙危害大,属于典型生态脆弱区,生态安全受到严峻挑战,有关其生态弹性方面的研究很少。有关于结合弹性度对生态环境恢复能力的研究^[13]。研究新疆鄯善县土地利用变化和生态弹性度。【拟解决的关键问题】在遥感和GIS技术支撑下,对鄯善县土地利用变化进行分析,阐明土地资源利用方式与程度、土地利用类型的区域分布及总体变化趋势的生态效应,剖析土地利用类型、土地覆被时空动态变化的原因及未来变化趋势^[14-15]。通过对其生

收稿日期(Received):2020-01-02

基金项目:国家自然科学基金(41861046,41361093);国家林业局软科学项目(2016-R25-1)

作者简介:卢航(1992-),男,硕士研究生,研究方向为林业生态工程与管理,(E-mail)790875991@qq.com

通信作者:孙桂丽(1979-),女,河南人,副教授,研究方向为生态风险评估与荒漠化防治,(E-mail)sxfgl@126.com

态弹性的评价,为鄯善县的生态建设提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

鄯善县位于吐鲁番盆地东部。该地区的面积占全疆的 2.5% 达到 39,800 km²。年平均气温 11.3℃,年平均降水量 26 mm。该县地处干旱荒漠地区,在鄯善县南部是面积 1 880 km²库木塔格沙漠区。

基本影像数据共 5 期。包括 1980 年 9 月 13 日 Landsat 4-5 TM 影像、1990 年 9 月 24 日 Landsat 4-5 TM 影像、1995 年 9 月 10 日 Landsat 4-5 TM 影像、2005 年 9 月 9 日 Landsat 7E TM 影像和 2015 年 9 月 16 日 Landsat8 影像为主。

运用 ENVI4.8 软件对五期的影像做前期的基本处理,基于 LUC 分类体系,结合鄯善县的地

表实际情况、采用目视解译的方法将鄯善县土地利用类型分为一、二级土地类型,经过对比表明,目视解译的最终数据满足研究要求^[16-20]。运用 ArcMap10.5 软件通过多空间叠置分析获得研究期内的土地利用空间变化图,通过数据统计分析获得土地利用转移矩阵,以此对研究区土地利用变化进行分析。

1.2 方 法

1.2.1 土地利用动态变化

分析土地类型指数对土地利用变化。为了精准分析土地类型之间变化,研究区土地利用类型变化的转换特点,选取 2005-2015 年的土地利用类型一级分类和二级分类的之间的转换分析,林地、草地和水域对研究区生态起稳定性作用,因此选取林地、草地和水域的二级分类土地利用类型。

表 1

表 1 土地利用变化计算公式

Table 1 Analysis and calculation formula of land use change

名称 Name	计算公式 Computational formula	含义 Meaning
土地利用程度综合指数 Index of Degree	$La = \sum_{i=1}^n C_i \times A_i$	La 表示土地利用程度综合指数, A_i 表示第 i 级土地利用程度分级指数, C_i 表示第 i 级土地利用程度分级面积的百分比, n 代表土地分级数。
土地利用类型面积净变化 Net Change Use Type Area	$N_c = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$	N_c 表示研究区一个时间段内变化速度, ΔU_b 表示时间段内研究区末期的某地类的面积, U_a 表示初期的某地类型的面积, T 表示时间区间。
土地利用类型面积总体变化 of Land Use Types	$T_c = \frac{\Delta U_m + \Delta U_{out}}{\Delta U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$	N_c 表示研究区一个时间段内变化速度, ΔU_b 表示时间段内研究区末期的某地类的面积, U_a 表示初期的某地类型的面积, T 表示时间区间。
单一土地利用类型的趋势与状态指数 Trend and State Index of Single Land Use Type	$P_s = \frac{N_c}{T_c}$ $\Delta U_m + \Delta U_{out} \neq 0$	反映各土地覆盖变化的方向,即不变,扩张或萎缩。

1.2.2 生态弹性度

生态弹性度是指生态系统抵抗外部干扰其内部保持稳定的能力^[21]。生态弹性度与其稳定性呈正相关的多样性有关,使用香农多样性指数 H_i ,其计算公式如下:

$$Er = H_i \sum_{i=1}^n S_i P_i = \left(- \sum_{i=1}^n S_i \ln S_i \right) \times \sum_{i=1}^n S_i P_i$$

E_r 为生态弹性度; S_i 为地物 i 的覆被面积占总面积的比例, H_i 为多样性指数; n 为地物数量; P_i 为地物 i 的弹性分值。由于分为 6 种不同的土

地利用类型,因此, $n = 6$ 。弹性分值,依据土地覆被对生态环境的作用大小赋值。

1.2.3 土地利用生态价值

生态服务价值是指生态系统对经济社会产生的利益;区域生态服务的价值会因为区域土地利用的生态进程和服务间的相互作用产生影响。相对生态价值指数参照谢高地^[22]等提出的“中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表”和刘川等^[23]对新疆的生态价值当量测定,并结合实际情况进行调整确定评估。其具体计算公式如下:

$$EV_i = V_i \times S_i$$

EV_i 为生态价值指数; S_i 为地物 i 的覆被面积占总面积的比例。

1.2.4 土地利用动态预测

利用马尔可夫模型对鄯善县的土地开始动态预测,计算鄯善县 2005 年到 2015 年土地覆被类型之间的转移概率矩阵。选择 2005 - 2015 年作为预测原数据,研究时点 k 取 1(2005),2(2015),3(2025)。以 $k = 1$ 基础数据、10 a 为步长,对土地覆被进行多时段预测^[24]。为确保 Markov 模型在对后期模拟准确度,以 2005 年为基础对 2015 年进行模拟,2015 年的模拟结果与 2015 年分析数据相一致。

1.3 数据处理

运用 ENVI4.8 软件对五期的影像做前期的基本处理,基于 LUC 分类体系,结合鄯善县的地表实际情况、采用目视解译的方法将鄯善县土地

利用类型分为一、二级土地类型,经过对比表明,目视解译的最终数据满足研究要求^[16-18]。运用 ArcMap10.5 软件通过多空间叠置分析获得研究期内的土地利用空间变化图,通过数据统计分析获得土地利用转移矩阵,以此对研究区土地利用变化进行分析。

2 结果与分析

2.1 土地利用时空变化

研究表明,根据研究区 1980 ~ 2015 年的土地利用现状,未利用地占比例最大,草地主要分布在鄯善县北部天山牧场。建筑用地以鄯善县为中点沿铁路方向扩散。研究区中部的耕地面积和草地面积互有转换,水域多位于建筑用地和耕地之间,零碎分布。图 1

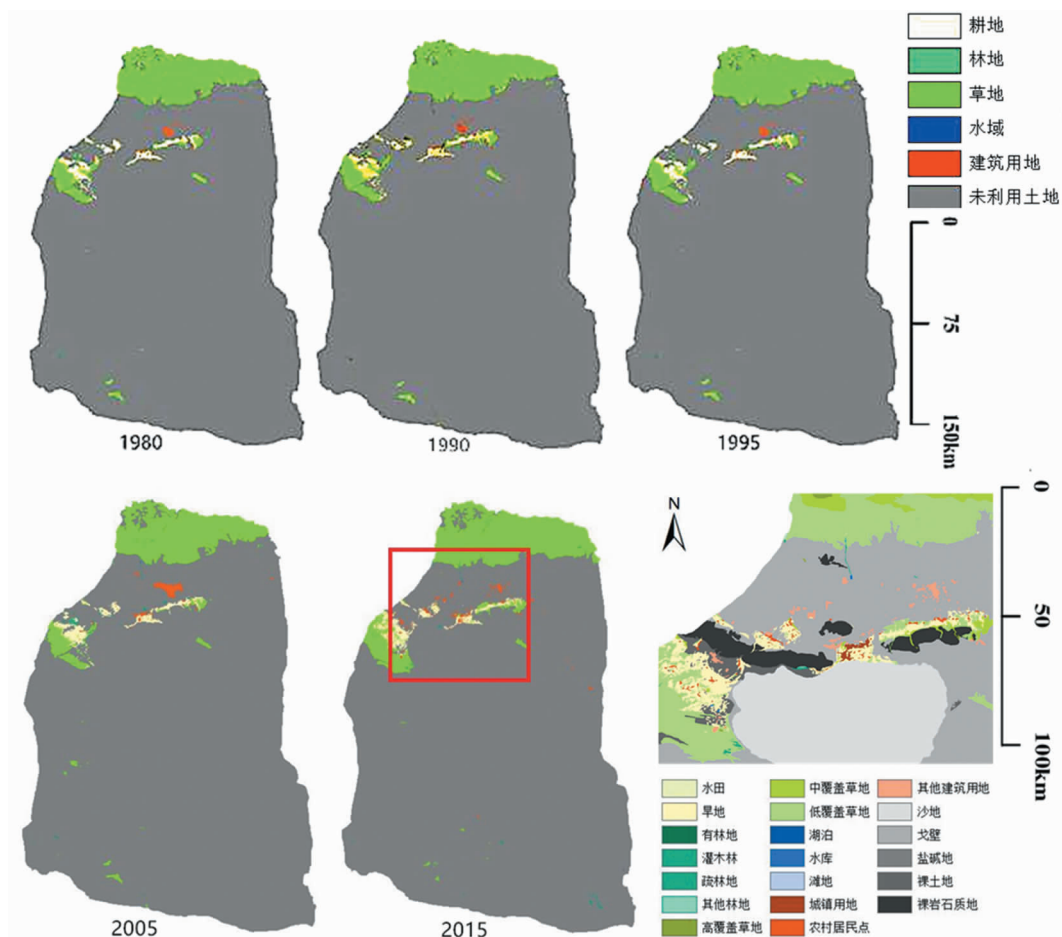


图 1 不同时期研究区土地利用现状图

Fig. 1 land use map of the study area different periods

根据鄯善县的土地利用面积转换,各土地覆盖中未使用地所占总面积比例最大,均达 90% 以上。1980 ~ 2005 年间林地面积呈持续增长,由 0.13% 增至 0.19%,增幅达到 0.06%,从 2005 年到 2015 年林地面积骤减。1995 ~ 2015 年期间耕地土地面积逐年增长,耕地面积呈对号“√”型的趋势。建筑用地 1980 ~ 2005 年呈上升趋势占地面积仅次于耕地。水域面积由 2005 年的 0.349 km² 增加到 2015 年的 3.682 km²。

在二级分类中,鄯善县南部的库木塔格沙漠,面积达 1 880 km² 是所占面积最大的未使用地。

林地面积减小、除灌木林以外其他林地大部分转化为草地和未使用地,草地面积前期波动不大、后期增长。建筑用地面积转入量相对较小。2012 年,全县增加对水域治理和规划修建水库,其中包括二塘沟水库和柯柯亚二库的修建,对水域生态改善效果显著。

土地利用程度指数后期增长,主要是耕地的面积增加和林地面积减少。各年份土地利用程度指数分别为 108.61, 108.61, 108.61, 109.52, 111.53。表 2

表 2 1980 ~ 2015 年鄯善县土地利用类型面积变化

Table 2 Areas change of different land use types in Shanshan County from 1980 to 2015

土地利用类型 Land use type	1980		1990		1995		2005		2015	
	面积 Area (km ²)	百分比 Percentage (%)	面积 Area (km ²)	百分比 Percentage (%)	面积 Area (km ²)	百分比 Percentage (%)	面积 Area (km ²)	百分比 Percentage (%)	面积 Area (km ²)	百分比 Percentage (%)
耕地 Arable land	302.18	0.77	287.29	0.73	287.35	0.73	363.28	0.92	408.64	1.04
林地 Woodland	51.24	0.13	60.42	0.15	59.78	0.15	73.21	0.19	38.71	0.1
草地 Grassland	2 586	6.57	2 597	6.59	2 590	6.57	2 569	6.52	3 316	8.42
水域 Waters	0.275 4	0.004	0.55	0.06	0.55	0.009	0.34	0.01	3.68	0.014
建筑用地 Construction land	52.25	0.13	55.84	0.14	58.02	0.15	128.82	0.33	124.11	0.31
未利用地 Unused land	36 407.56	92.3	36 398.6	92.37	36 404.0	92.38	36 264.8	92.03	35 508.9	90.11
<i>La</i>	108.61		108.61		108.61		109.52		111.53	

2.2 土地利用速度变化

各土地利用动态变化中,五期数据的趋势指数 P_s 变动程度不一。耕地的 P_s 值在 1990 年之后转入量增加,后期建筑用地增长过度出现回落现象。草地和水体的土地利用类型趋势指数在 1990 ~ 2005 年间均为负值,土地类型大量转出。但在 2005 年到 2015 年间都有回升,水域的年均变化率达 95.46%。林地变化趋势指数在长时间内基本处于稳定增长状态。在研究期内土地利用类型趋势指数整体变化不大。草地覆被以 1995 年为转折点,后期大量转入。表 3

研究表明,(1)土地利用动态变化显著,研究区的土地覆盖的年均动态变化指数为 3.30%,即

每年有 3.30% 的土地覆盖类型发生变化。土地利用动态指数变化排序是草地(盖度:中 > 低 > 高) > 林地(随林地类型生长周期降低) > 水域。(2)土地类型内部动态转入和转出量较高,二级分类中有林地和其他林地转出为其他一级土地利用类型面积分别为 5.2 和 44.97 km²,除林地外的一级土地利用类型转入林地面积和其他林地分别为 0.43、14.34 km²,转换不平衡。同样中、低覆盖的草地转出为面积为 16.54、77.8 km²,除草地外的一级土地利用类型转为 63.31、777.45 km²,在 2005 年后 10 年内草地面积增加趋势降低。(3)湖泊变化主要是未利用地的转入和部分转出为低覆盖草地,水库的变化为耕地、林地和未利用地转

入。可以看出,耕地、林地和草地三者之间的转入 和转出量较多。表 4,表 5

表 3 土地利用类型变化趋势
Table 3 Change trend of land use types

土地利用类型 Land use type	1980 ~ 1990			1990 ~ 1995			1995 ~ 2005			2005 ~ 2015		
	Nc(%)	Tc(%)	P _s	Nc(%)	Tc(%)	P _s	Nc(%)	Tc(%)	PS	Nc(%)	Tc(%)	P _s
耕地 Arable land	-0.49	0.65	-75.38	0.01	0.59	1.69	2.64	4.29	61.54	1.25	5.35	23.36
林地 Woodland	1.79	2.35	76.17	-0.21	2.39	-8.79	2.25	8.89	25.31	-4.71	13.89	-33.91
草地 Grassland	0.04	0.09	44.44	-0.05	0.21	-23.81	-0.08	0.35	-22.86	2.9	3.88	74.74
水域 Waters	10.23	11.21	91.26	-0.13	2.71	-4.8	-3.69	5.28	-69.89	95.46	98.61	96.81
建筑用地 Construction land	0.69	0.97	71.13	0.78	2	39	12.2	15.6	78.21	-0.37	13.54	-2.73
未利用地 Unused land	0.01	0.02	50	0.01	0.02	50	-0.04	0.05	-80	-0.21	0.31	-67.74

表 4 土地利用转移矩阵
Table 4 Land use transfer matrix

土地利用类型 Land use type	2015 年面积 Area/(km ²)					
	耕地 Arable land	林地 Woodland	草地 Grassland	水域 Waters	建筑用地 Construction land	未使用地 Unused land
有林地 Forest land	4.41	0.18	0.03	0	0.31	0.45
灌木林 Shrubbery	0.39	2.27	9.18	0	0	3.28
疏林地 Sparse wood land	1.09	1.78	3.09	0.06	0.05	0.78
其它林地 Other woodlands	33.69	0.89	5.12	0	0.77	5.4
高覆盖度草地 High coverage grassland	0	4.11	833.67	0	0	26.92
中覆盖度草地 Medium coverage grassland	4.69	1.64	626.96	0	0	10.21
低覆盖度草地 Low coverage grassland	14.85	4.55	983.89	0	0.79	57.6
湖泊 Lakes	0	0	0.03	0.24	0	0
水库 Reservoir	0.02	0	0	0.05	0	0

表5 土地利用转移矩阵
Table 5 Land use transfer matrix

土地利用类型 Land use type	2015 年面积 Area/(km ²)								
	有林地 Forest land	灌木林 Shrub bery	疏林地 Sparse wood land	其它林地 Other woodl ands	高覆盖 草地 High coverage grassland	中覆盖 草地 Medium coverage grassland	低覆盖 草地 Low coverage grassland	湖泊 Lakes	水库 Reservoir
耕地 Arableland	0	4.21	0	0	0.13	12.89	31.61	0	0.05
林地 Woodland	0.21	3.85	0.25	0.82	1.65	3.51	12.26	0	0.06
草地 Grassland	0.05	9.98	0.27	0	710.7	768.16	965.67	0	0
水域 Waters	0	0	0	0	0	0	0.03	0	0.29
建筑用地 Construction land	0.27	0.53	16.56	0	0.02	3.01	1.68	0	0
未使用地 Unused land	0.01	3.85	0.04	14.96	29.2	43.9	731.86	0.47	1.56

2.2 生态弹性变化

研究表明,根据鄯善县生态弹性强度的影响程度可分为4大类型。第1类为重要型,该类型对生态弹性度有重要影响作用,该类型的生态优势有利于生态弹性度的提升。主要土地覆盖类型为林地、水域;第2类为中间型,该类型可以有积极的助力作用,需要相对护理防止退化使研究区

生态弹性度降低,主要土地覆盖类型为草地和耕地。第3类为轻威胁型,该类型对生态弹性度起边缘化效应,由于人为因素占主导、必须慎重利用和妥善管理。主要土地覆盖类型为建筑用地。第4类为威胁型,因为受研究区气候环境影响,该类型对生态弹性度造成相应负担,主要土地覆盖类型为盐碱地、裸地和荒漠等未利用地。表6

表6 鄯善县生态弹性分值

Table 6 Ecological elasticity score of Shanshan County

土地利用类型 Land use type	弹性分值 Elastic score	类型 Type	生态价值
林地 Woodland	90	重要型	对维持生态环境的稳定性和保持生态环境的调节能力方面有极其重要作用
水域 Waters	87		水是决定生态环境能否存在与发展的重要因素
草地 Grassland	65	中间型	对维持生态系统弹性度有积极作用,但利用不好,则容退化而导致生态弹性度下降。
耕地 Arableland	60		农田对局地气候可以起到调节和改善作用。但需要人类的持续性参与维持,故所赋分值相对较低。
建筑用地 Construction land	15	轻威胁型	对生态弹性度起边缘化效应,由于人为因素占主导
未使用地 Unused land	0	威胁型	对生态弹性度贡献很小和需要改造的类型,

根据前文的土地利用数据为基础、利用地理数据管理软件系统,对文中图列的数据进行矢量化和数学统计,对鄯善县生态弹性分值进行分类后制表,通过公式计算得到研究区五期数据中生态弹性度变化。分析得出:(1)1980~1995年生

态弹性度增长后稳定下来,三期数据表现为1.49、1.51、1.51。该时期的生态弹性度的变化幅度与土地利用类型面积净变化值的变化呈相对应关系。(2)1995~2015研究区生态弹性度出现大幅度的增涨,从2005年到2015年增加相对明显,在

此期间内鄯善县生态环境抗干扰能力的增强,呈良好发展趋势。(3)2005~2015年,生态弹性度增加较快的是由于高贡献值的林地和草地面积变化。结合前文数据林地面积占比0.19%增长0.2%、虽增长相对较小,但草地面积占比扩大到8.

42%,总体上提高了生态弹性度。水域面积的增加,鄯善县在2012年多处修建水库,丰富了周边环境。综上所述、干旱区生态弹性力是可以反映出人类活动对生态环境造成的影响。表6,表7

表 7 鄯善县生态弹性度
Table 7 Ecological of Shanshan County

年份 Year	$\sum S_i P_i$	多样性指数 H_i Diversity index	弹性度 E_r Elastic force	上升幅度 Rise(%)
1980	4.87	0.306	1.49	—
1990	4.93	0.307	1.51	1.50
1995	4.87	0.308	1.51	0
2005	5.02	0.328	1.65	8.94%
2015	6.25	0.375	2.34	42.27%

2.3 土地利用生态价值

研究表明,从1980年的 $16\ 143.42 \times 10^4$ 元到2015年的 $17\ 522.42 \times 10^4$ 元,整体生态价值增长 $1\ 379 \times 10^4$ 元。从表中可以发现土地生态价值的变化和土地利用类型面积的变化相互对应,土地生态价值和生态弹性的年均变化幅度相对应。各土地生态价值中未使用地所占基数最大,占总价值比率达到60%。1980~2005年间林地生态价值呈持续增长,由 247.69×10^4 元增至 $353.89 \times$

10^4 元,增幅达到42%,从2005年到2015年林地面积骤减导致林地生态价值下降到 187.12×10^4 元。1995~2015年期间耕地土地生态价值逐年增长,增幅达到35%。建设用地是人类活动最为强烈的地方,所具有生态系统服务功能主要是对生态环境负向影响,建筑用地1980~2005年生态价值负向上升。水域生态价值由2005年 3.28×10^4 元增加到2015年的 35.47×10^4 元,可以表现出当地对水资源保护有所提高。表8

表 8 鄯善县生态系统服务价值

Table 8 Ecosystem service value of Shanshan County

土地利用类型 Land use type	VC元 ($hm^2 \cdot a$)	ESV($\times 10^4$ 元)				
		1980	1990	1995	2005	2015
耕地 Arableland	15 202.19	459.38	436.74	436.83	552.27	621.22
林地 Woodland	48 339.12	247.69	292.06	288.97	353.89	187.12
草地 Grassland	22 456.91	5 807.36	5 832.06	5 816.34	5 769.18	7 446.71
水域 Waters	96 389.59	2.65	5.30	5.30	3.28	35.47
建筑用地 Construction land	-21 440.06	-112.02	-119.72	-124.40	-276.19	-266.09
未使用地 Unused land	2 674.82	9 738.37	9 735.97	9 737.41	9 700.18	9 497.99
合计 Total	163 622.57	16 143.42	16 182.42	16 160.47	16 102.60	17 522.42

2.4 土地利用动态预测

(1)2015~2025年土地类型面积以转出为主:水域面积减少 $0.24\ km^2$,整体变化幅度较小。未利用地面积减少 $792.83\ km^2$,与2005~2015年

数据同比例减少。(2)2015~2025年土地类型面积以转入为主:耕地、林地和草地面积变化与2005~2015年数据同比增加。建筑用地面积的增长幅度较大。表9

表9 运用 Markov 模型预测未来
土地利用变化

Table 9 Forecast of Future Land Use
Change by Markov Model

土地利用类型 Land use type	2005 年 面积 Area (km ²)	2015 年 面积 Area (km ²)	2025 年 面积 Area (km ²)
耕地 Arable land	363.28	408.64	433.42
林地 Woodland	73.21	38.71	44.56
草地 Grassland	2 569.90	3 316.28	4 079.15
水域 Waters	0.34	3.68	3.24
建筑用地 Construction land	128.82	124.11	131.87
未利用地 Unused land	36 264.85	35 508.99	34 708.16
总和 The sum	39 400.43	39 400.43	39 400.43

3 讨论

以鄯善县作为研究区域,利用遥感和地理信息技术,结合国内外相关研究对鄯善县 1980 ~ 2015 年近 35 年间土地利用进行了初步分析。首次结合生态弹性度,生态服务价值和土地利用动态预测三个方面,对研究区生态环境进行分析,并采用一、二级土地利用类型交叉转换补充说明土地转换形态。从数据分析可以看出,一级土地类型中林地面积和未利用地面积呈下降趋势,其他土地类型面积呈上升趋势,草地面积和建筑用地面积增加幅度较大。

各土地类型速度变化的主要原因:(1)耕地和建筑用地土地类型是由于城市的发展与人口的增长,导致粮食和居住环境的需求。(2)水域土地类型的改善与当地的水利建设密切相关,2012 年修建的两个水库密切相关。(3)草地和林地的土地类型变化是生态评级的关键,是生态调节的结果。生态弹性度和生态服务价值从 2005 ~ 2015 年增加相对明显,原因是主要是草地面积占比扩大到 8.42%,该区适宜于畜牧业发展,草地和耕地土地利用类型面积净变化上升,是粮食需求驱动的结果。水库的建立后通过水渠和管道输送,低覆盖草地面积增大。植被的覆盖直接影

响沙地面积的缩小,形成生态环境呈良性循环发展的趋势。

由于数据和图件限制,仅能以 10 年间隔来分析土地利用的发展轨迹,无法获取更短年份期间的变化形势。今后研究中需要获取到 2019 年以后的土地利用动态数据,叠加生态保护措施实施后的土地利用类型面积的变化。

4 结论

4.1 鄯善县土地利用面积变化在 1980 ~ 2015 年间,土地利用程度综合指数呈上升趋势。土地利用以林地面积和未利用地面积转出为主,其他土地类型面积都有转入。草地面积和建筑用地面积增加幅度较大。从各二级分类的对比中,低覆盖草地转入量最大。土地利用总体趋势与状态指数缓慢上升,鄯善县土地利用现状不稳定状态。

4.2 鄯善县生态弹性度整体呈现上升幅度且增大趋势,1980 ~ 1995 年生态弹性度呈现缓慢增长变化趋势,1995 ~ 2015 年研究区生态弹性度出现大幅度的增涨。

4.3 鄯善县生态价值整体增长,各土地生态价值中未使用地所占基数最大,占总价值比率达到 58%。土地生态价值的变化和土地利用类型面积的变化相互对应,土地生态价值和生态弹性的年均变化幅度相对应。

4.4 以 2015 年为基期,应用 Markov 对 2005 年、2015 年和 2025 年土地利用进行预测。2015 ~ 2025 年,除水域和未利用地面积相对减少之外,耕地面积、林地面积、草地面积和建设用地面积在缓慢持续增加。

参考文献 (References)

- [1] 彭少麟等译. 弹性思维:不断变化的世界中社会-生态系统的可持续性[M]. 北京:高等教育出版社, 2009, 9-11.
PENG Shaolin et al. *Flexible thinking: sustainability of social ecosystem in a changing world* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2009: 9-11
- [2] Charles L. Redman. Human Impact on Ancient Environments [J]. *American Journal of Archaeology*, 1999, 81(7).
- [3] UN/ISDR. *Living With Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives* [M]. Geneva, Switzerland: United Nations, 2004.
- [4] 王书转,肖玲,马彩虹,等. 秦岭北麓生态承载力研究[J]. 国土与自然资源研究, 2005, (4): 52-54.
WANG shuzhuan, XIAO Ling, MA Caihong, et al. Study on the

- ecological carrying capacity of the northern foot of Qinling Mountains [J]. *Land and Natural Resources Research*, 2005, (4): 52 - 54.
- [5] 秦丽杰,王宁,张郁,等. 松花江三湖流域土地利用变化的生态环境效应研究[J]. 东北师大学报: (自然科学版), 2003, 35(2): 80 - 86.
QIN Lijie, WANG Ning, ZHANG Yu, et al. Study on the eco - environmental effect of land use change in the three lake basin of Songhua River [J]. *Journal of Northeast Normal University Natural Science*, 2003, 35 (2): 80 - 86.
- [6] 阿地来·阿地力,张永福,等. 基于土地利用变化及 CA - Markov 土地利用变化预测模型预测的生态敏感性分析[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(36): 42 - 47.
ADILAI Adili, ZHANG Yongfu, et al. Ecological sensitivity analysis based on land use change and Ca Markov land use change prediction model [J]. *Anhui Agricultural Science*, 2018 (36): 42 - 47.
- [7] 廖柳文,秦建新,刘永强,等. 基于土地利用转型的湖南省生态弹性研究[J]. 经济地理, 2015, 35(9): 16 - 23.
LIAO Liuwen, QIN Jianxin, LIU Yongqiang, et al. Study on Ecological elasticity of Hunan Province Based on land use transformation [J]. *Economic Geography*, 2015, 35(9): 16 - 23.
- [8] 马彩虹,任志远,李小燕. 黄土台塬区土地利用转移流及空间集聚特征分析[J]. 地理学报, 2013, 68(2): 257 - 267.
MA Caihong, REN Zhiyuan, LI Xiaoyan. Analysis on the characteristics of land use transfer flow and spatial agglomeration in Loess Tableland [J]. *Journal of Geography*, 2013, 68 (2): 257 - 267.
- [9] 李月月,黄义雄,杨阳,等. 福建省长汀县土地利用变化及其对生态风险的影响[J]. 生态科学, 2018, 37(6): 52 - 59.
LI Yueyue, HUANG Yixiong, YANG Yang, et al. Land use change and its impact on ecological risk in Changting County, Fujian Province [J]. *Ecological Science*, 2018, 37(6): 52 - 59.
- [10] 张宝秀,熊黑钢,徐长春. 新疆于田绿洲生态弹性度与景观环境分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(6): 112 - 114.
ZHANG Baoxiu, XIONG heigang, XU Changchun. Analysis of ecological elasticity and landscape environment of Yutian Oasis in Xinjiang [J]. *Soil and Water Conservation Research*, 2008, 15 (6): 112 - 114.
- [11] 王云霞,陆兆华. 北京市生态弹性力的评价[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(2): 97 - 100.
WANG Yunxia, LU Zhaohua. Evaluation of ecological resilience in Beijing [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2011, 39 (2): 97 - 100.
- [12] 张星标,邓群钊. 江西省水生态承载力分析[J]. 南昌大学学报(理科版), 2011, 35(6): 607 - 612.
ZHANG xingbiao, DENG Qunzhao. Analysis of water ecological carrying capacity in Jiangxi Province [J]. *Journal of Nanchang University (Science)*, 2011, 35 (6): 607 - 612.
- [13] 田鹏,李加林,史小丽. 等. 浙江省土地利用格局时空变化及生态风险评价[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(12): 2697 - 2706.
TIAN Peng, LI Jialin, SHI Xiaoli, et al. Spatial and temporal change of land use pattern and ecological risk assessment in Zhejiang Province [J]. *Resources and of the Yangtze River Basin*, 2018, 27(12): 2697 - 2706.
- [14] 刘洪丽,吴军年,徐兴东. 基于集对分析的矿区生态承载力定量评价[J]. 干旱区研究, 2008, 25(4): 568 - 573.
LIU Hongli, WU, XU Xingdong. Quantitative evaluation of ecological carrying capacity of mining area based on set pair analysis [J]. *Arid Area Research*, 2008, 25 (4): 568 - 573.
- [15] 曲建光,李刚,刘宝玲,等. 基于 RS 和 GIS 的木兰县生态格局时空变化研究[J]. 测绘工程, 2019, 28(3): 1206 - 1219.
QU Jianguang, LI Gang, LIU Baoling, et al. Spatial and temporal changes of ecological pattern in Mulan County Based on RS and GIS [J]. *Mapping*, 2019, 28(3): 1206 - 1219
- [16] 孙天弘,雷平. 国内土地利用生态风险研究进展[J]. 资源与产业, 2019, 21(1): 95 - 104.
SUN Tianhong, LEI Ping. Research progress of ecological risk of land use in China [J]. *Resources and Industry*, 2019, 21(1): 95 - 104.
- [17] 徐明德,李静,彭静,等. 基于 RS 和 GIS 的生态系统健康评价[J]. 生态环境学报, 2010, 19(8): 1809 - 1814.
XU Mingde, LI Jing, PENG Jing, et al. Ecosystem health assessment based on RS and GIS [J]. *Journal of ecological environment*, 2010, 19 (8): 1809 - 1814.
- [18] 万军,蔡运龙,张惠远,等. 贵州省关岭县土地利用/土地覆被变化及土壤侵蚀效应研究[J]. 地理科学, 2004, 24(5): 573 - 579.
WAN Jun, CAI Yunlong, ZHANG Huiyuan, et al. Study on land use / land cover change and soil erosion effect in Guanling County, Guizhou Province [J]. *Geosciences*, 2004, 24 (5): 573 - 579.
- [19] 张月,张飞,王娟,等. 近 40 年艾比湖湿地自然保护区生态干扰度时空动态及景观格局变化[J]. 生态学报, 2017, 37(21): 7082 - 7097.
ZHANG Yue, ZHANG Fei, WANG Juan, et al. Spatial and temporal dynamics of ecological disturbance and landscape pattern change in Ebinur Wetland Nature Reserve in recent 40 years [J]. *Journal of Ecology*, 2017, 37 (21): 7082 - 7097.
- [20] 李鑫. 基于 3S 的土地利用生态风险评价研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2014.
LI Xin. *Study on Land Use Ecological Risk Assessment Based on 3S* [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2014.
- [21] 李丽国,王宇欣,邱硕. 乌鲁木齐市土地利用和覆被生态变化及其驱动力分析[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(6): 177 - 188.
LI Liguoguo, WANG Yuxin, QIU Shuo. Analysis of land use and

- cover ecological change and its driving force in Urumqi [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2017, 22 (6): 177 - 188.
- [22] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估 [J]. *自然资源学报*, 2003, (2): 189 - 196.
- XIE Gaoi, LU Chunxia, LENG , et al. Evaluation of ecological assets in the Qinghai Tibet Plateau [J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, (2): 189 - 196.
- [23] 刘川. 新疆土地生态系统服务价值研究 [D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2019.
- LIU Chuan. *Study on the Value of Land Ecosystem Services in Xinjiang* [D]. Alar, Tarim University, 2019.
- [24] 谷秀兰. 土地利用覆被遥感影像信息提取方法研究综述 [J]. *安徽农业科学*, 2012, 40(4): 2506 - 2508.
- GU Xiulan. A review on the methods of extracting information from land use cover remote sensing image [J]. *Anhui Agricultural Science*, 2012, 40 (4): 2506 - 2508.
- [25] 黄方. 重庆市土地利用空间格局分析及其预测模拟 [D]. 重庆: 重庆大学, 2013.
- HUANG Fang. *Spatial Pattern Analysis and Prediction Simulation of Land Use in Chongqing* [D]. Chongqing: Chongqing University, 2013.
- [26] 孟庆香, 刘国彬, 杨勤科. 黄土高原土地利用动态变化及其生态效应 [J]. *中国水土保持科学*, 2009, 7(2): 5348 - 5362.
- MENG Qingxiang, LIU Guobin, YANG Qinke. Dynamic change of land use and its ecological effect on the Loess Plateau [J]. *Science of Soil and Water Conservation in China*, 2009, 7(2): 5348 - 5362.
- [27] 李虹颖. 新一轮土地利用总体规划中土地生态规划研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- LI Hongying. *Study on Land Ecological Planning in the New Round of Land Use Master Plan* [D]. Chongqing: Southwest University, 2011.

Ecological Elasticity and Land Use Analysis in Arid Areas — A Case Study

LU Hang¹, SUN Guili^{1,2}, LU Haiyan¹, LI Lu¹, BAI Yichun¹

(1. *College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China*; 2. *Key Laboratory of Forestry Ecology and Industrial Technology in Arid Areas, Urumqi, 830052, China*)

Abstract: **[Objective]** In this project, the study area is Shanshan County, a city in the arid region, and its land use change and ecological elasticity are analyzed to put forward feasible suggestions and countermeasures for ecological construction in Shanshan County. **[Methods]** By using GIS technology and ecological elasticity, ecological elasticity, land use change and ecological effects in Shanshan County in recent 35 years were analyzed and discussed, and land cover in 2025 was simulated and predicted by Markov model. **[Results]** In Shanshan County, the degree of land cover conversion was large, and the change of land use index was obvious. Under the condition of first and second level classification and comparison, in the trend of land use dynamic index changes from 1980 to 2015, the highest dynamic index of grassland was medium coverage grassland, and the lowest was high coverage grassland. The highest dynamic index of woodland was other woodland, shrubbery and sparse woodland, followed by woodland, and the highest dynamic index of water area was lake, reservoir and pond. The comprehensive index of land use degree was 109.38, and among all land use types, only forest land area and unused land area decreased with the year, while other land types increased with the year; the ecological elasticity of each research year was 1.49, 1.51, 1.51, 1.65 and 2.34, respectively, showing an overall increasing trend. The ecological value of Shanshan County increased as a whole, and the change of land ecological value and the change of land use area corresponded to each other. The forecast showed that the area of cultivated land, forest land, grassland and construction land increased slowly and continuously from 2015 to 2025, and the water area decreased slightly. **[Conclusion]** The land types in Shanshan County changed dramatically, and the land use status was not stable. The ecological elasticity and ecological value index increased as a whole, and the improvement of water area would be likely to promote the development of ecological environment in a virtuous circles.

Key words: ecological effect; land use dynamic index; ecological elasticity; ecological forecast

Fund project: Supported by the Projects of the National Natural Science Foundation (41861046 and 41361093); Soft Science Project of State Forestry Administration (2016 - R25 - 1)

Correspondence author: SUN Guili (1974), female, Associate Professor, engaged in research on ecological risk assessment and desertification control, (E-mail) sxfgl@126.com