

黑河流域酒泉绿洲景观生态安全格局分析

郭 明, 肖笃宁, 李 新

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘要:以 1986 年和 2000 年的酒泉市遥感数据为基础资料, 利用 GIS 软件生成研究区的景观类型图, 计算各景观斑块的面积、数目、形状等空间特征和基于景观空间邻接的绿洲生态安全指标, 进而在空间格局方面对绿洲的生态安全进行评价, 以了解在人类活动影响下酒泉绿洲的生态安全状况, 为该地区生态环境保护提供科学依据。结果表明: (1) 从 1986 年到 2000 年, 绿洲不断扩张, 各绿洲斑块类型面积呈增加趋势, 同时强烈的人类活动也造成了沙地和裸土面积的增加; (2) 从 1986 年到 2000 年, 受沙化威胁程度最大的斑块类型由耕地变成了草地, 而城乡居民用地始终是受威胁程度最小的斑块类型; 除了城乡居民用地, 各绿洲斑块类型受沙化的潜在威胁程度是增加的, 人类有目的性的干扰活动改变了干旱区有限水资源的分布与分配, 社会经济发展的同时导致了生态环境的退化; (3) 与 1986 年相比, 2000 年各绿洲斑块类型受盐碱化威胁呈减弱趋势, 表明注水洗盐改良土壤使得局部地区生态系统向良性方向演替。干旱区绿洲生态环境有脆弱性和易变性的特点, 加强区域景观生态建设和生态安全控制有利于将景观演化导入良性循环。

关键词:景观动态; 干旱区; 遥感; GIS; 酒泉绿洲; 空间分析

文章编号: 1000-0933(2006)02-0457-10 中图分类号: Q142, Q149 文献标识码: A

Changes of landscape pattern between 1986 and 2000 in Jiuquan oasis, Heihe River basin

GUO Ming, XIAO Du-Ning, LI Xin (Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute (CAREERI), Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(2): 457 ~ 466.

Abstract: We reported changes of landscape patterns affected by human activities in the Jiuquan oasis, Heihe River basin. Remote sensing products of the Landsat 5 TM in 1986 and the Landsat 7 ETM+ image in 2000 were used to perform the analysis on a digital elevation model (DEM) within a geographic information system (GIS), including patch number, area, shape, and the spatial neighboring characteristics between the oasis patch and the sandy land/Salinized land patches. We found that: (1) the oasis expansion was embodied with an increase in the area of each oasis patch type between 1986 and 2000, while intensive human activities led to an increase in the sandy and barren lands; (2) the desertification threat on farm lands was the most significant in 1986, while the threat on the grasslands was the most severe in 2000. The threats on residential areas were minor both in 1986 and 2000 and remained the same during the 15-year study period, but the threats on other oasis patch types had greatly intensified; and (3) the salinization threats on all oasis patch types decreased in 2000, which was likely a consequence of water diversion effort throughout the region. Clearly, human activities have significantly changed the distribution and allocation of the limited water resources in Heihe River basin, leading to a conflict between the two dominant processes: desertification and oasis expansion. Our results further confirmed the vulnerability and high-dynamic nature of the arid ecosystems.

Key words: landscape dynamics; arid region; remote sensing; GIS; Jiuquan oasis; spatial analysis

基金项目:国家 973 资助项目(2001CB309404); 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所知识创新工程资助项目(2003102)

收稿日期:2004-12-09; **修订日期:**2005-12-30

作者简介:郭 明(1980~), 女, 山东菏泽人, 博士生, 主要从事遥感和地理系统应用及景观生态研究. E-mail: gming@lzb.ac.cn

Foundation item: The project was supported by the China State Key Basic Research Project (No. 2001CB309404) and the Knowledge Innovation Program of the Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences (No. 2003102)

Received date: 2004-12-09; **Accepted date:** 2005-12-30

Biography: GUO Ming, Ph.D. candidate, mainly engaged in remote sensing and GIS applying, landscape ecology. E-mail: gming@lzb.ac.cn

绿洲是在荒漠背景下人类局部优化的生存环境,是干旱内流区能流、物流最集中的场所,是干旱区的精华所在,同时也是干旱区最敏感的部分^[1,2]。绿洲内能量和水循环有其特殊的规律,并决定着绿洲系统的发展过程^[3]。绿洲景观中存在着相互对立发展的两种过程:荒漠化和绿洲化,它们是干旱区最基本的生态地理过程。目前干旱区存在严重的生态环境问题:以黑河流域为例,一方面在流域中上游地带,农耕发达,但水土资源的大规模开发利用和缺乏有效的水资源统筹规划与管理措施,以土地沙漠化、植被退化为代表的生态环境退化在全流域范围内迅速发展,对整个流域的生态安全构成威胁;另一方面,在流域中下游地带,则随水资源被夺袭程度的不断增加,天然生态系统破坏不断加剧,景观由高度破碎化的天然植被向优势度高的荒漠化景观发展。2000 年黑河流域中下游地区共有沙漠化土地 13 508.4 km²,成为我国乃至世界上现代沙漠化发展最强烈的地区之一。脆弱的生态环境已成为制约全区经济和社会发展的首要问题。生态安全是区域或国家其它安全的载体和基础,国家发布的《全国生态环境保护纲要》一文中首次明确提出“国家生态安全”的目标和实施措施,其中西北地区的生态安全是其关注的重点地区之一^[4]。因此很有必要对我国西北地区的生态安全状况进行评价。

生态安全概念在国外的产生适应于 20 世纪 80 年代出现的环境管理目标和环境管理观念的转变^[5]。生态安全有广义和狭义两种理解。前者以国际生态系统分析研究所提出的定义为代表:生态安全是指在人的生活、健康、安乐、基本权利、生活保障来源、必要资源、社会秩序和人类适应环境变化的能力等方面不受威胁的状态,它包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全;后者指的是自然和半自然生态系统的安全,即生态系统完整性和健康的整体水平^[6]。

生态安全是国家安全的重要组成部分,是西北地区可持续发展的根本。对于干旱区由人类活动导致的生态环境问题和以人工绿洲为核心的社会与经济发展格局来说,景观生态研究对于生态管理和区域可持续发展有着十分重要的意义,景观生态学可作为生态安全研究的理论基础。在生态学中,景观是指几十公里至几百公里范围内,由不同生态系统类型所组成的异质性地理单元,景观生态学是研究景观单元的类型组成、空间格局及其与生态学过程相互作用的综合性学科,它主要研究景观的结构、功能和变化^[7-11]。对景观结构的量化是进一步研究景观变化和功能的前提。按照景观生态学的理论,绿洲生态安全分析包括景观空间结构、功能、绿洲景观演化和可持续发展等内容^[6]。绿洲景观生态学研究所需的大量数据往往是通过遥感手段来获取的,而在收集、存储、转换、显示和分析这些庞大的空间数据时,GIS 作为一个极为有效的计算机工具常常是不可缺少的。遥感和 GIS 技术在绿洲资源和环境管理中,极大地促进了人们对绿洲系统一系列理论和实践问题的认识^[12-14]。

生态安全已成为近期国内外研究的热点。国外对生态安全的研究始于 19 世纪 70 年代末,尽管当前的研究在安全定义的扩展、环境变化与安全的经验性研究、环境变化与安全的综合性研究及环境变化与安全内在关系研究等方面已取得了不少成果,但是这些研究探讨的多是在全球或是国家层面上的问题,而对地方或区域层面上的生态安全研究尚显薄弱^[15]。我国生态安全研究始于 20 世纪 90 年代,处于起步阶段。虽然越来越多的学者从事生态安全研究^[4,12,14,16-22],在理论探讨和实际应用方面尚待深入。

因此,针对黑河流域生态退化现状,本文以地处河西走廊黑河流域中游的酒泉绿洲为例,基于遥感和 GIS 技术,以景观生态学为理论基础,计算各景观斑块的面积、数目、形状等空间特征,并分析沙地、盐碱地与绿洲各斑块类型间的空间邻接特征,进而在空间格局方面对绿洲的生态安全进行分析,以期为河西走廊地区绿洲生态安全维护提供科学依据。

1 研究区概况

酒泉市地处甘肃省河西走廊黑河流域中游,以“城下有泉”,“其水若酒”而得名,2001 改称为肃州区(鉴于文中资料的使用,在本文中仍按 2001 年之前的名称),地处 98°20'~99°18'E,39°10'~39°59'N 之间(图 1^①),总

① 图 1 中地图来自于全国 1:100 万基础地理信息共享平台数据集,由国家基础地理信息中心提供,2002 年 6 月

面积 3 449.4km²。酒泉绿洲位于我国典型的西北内陆干旱流域,属典型的大陆性温带干旱区气候,干燥多风少雨,日照长,积温高,夏热冬冷,昼夜温差大。年平均气温波动大,最高气温达 38.4℃,最低气温为 ~31.6℃,冻土深度平均 1.08m,平均无霜期为 130d。年内降水分布不均,夏季 6~8 月份雨量多,强度大,冬季 12~翌年 2 月份,雨量少,强度小。年平均水面蒸发量为 2148.8mm,干旱指数平均 17.27。自然植被属荒漠类型,成分比较简单,植被稀疏,多为耐旱种属,呈斑块状分布。

2 研究方法

2.1 数据来源本研究所选用的遥感数据为美国陆地资源卫星 1986 年 Landsat 5 TM (Thematic Mapper) 影像与 2000 年 Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) 影像。这两期数据的地图投影均为高斯-克吕格投影。本区中央子午线取为东经 99°,坐标原点为中央子午线与赤道的交点,东偏 500km,缩尺系数为 1,处于 46 带高斯投影带内。投影椭球体采用 KRASOV-SKY 椭球体。格网分辨率为 30m × 30m。

文中所用地形图及经过几何纠正和镶嵌的遥感数据均由中科院寒区旱区环境与工程研究所遥感与地理信息科学研究所提供,其它专题图及统计文献资料由酒泉市相关政府部门提供。

2.2 绿洲景观类型图的生成

遥感影像经几何校正后,即可在地理信息系统软件中进行目视解译,并生成景观类型图。景观类型图的投影系统保持与原投影系统一致。在进行遥感影像的目视解译之前,首先要确定景观类型;第二要建立景观类型与遥感影像特征的对应关系,即遥感解译标志。

以研究区地貌、植被和土地利用/土地覆被类型为基础,依据景观生态分类的综合性原则、主导因子原则、实用原则和等级性原则等^[23],对研究区的景观生态类型进行如下划分(表 1)。

解译标志的正确与否直接决定着目视解译的准确程度。本研究以 1986~1995 年西北地区土地覆盖遥感解译标志库为参照,此数据已存于数字黑河网站中,建立本研究区 4、3、2 波段假彩色合成遥感影像的遥感解译标志。解译的基本过程见图 2。

基于以上基础数据的处理,利用 GIS 软件(主要使用 ArcView 3.3 及 ArcGIS),提取各景观要素并建立各景观类型的空间数据库,生成研究区两个时期的景观类型(图 3),并利用 GPS 采取野外样本点进行精度验证,精度可达 80%。

2.3 基于景观空间邻接的绿洲生态安全指标的计算方法

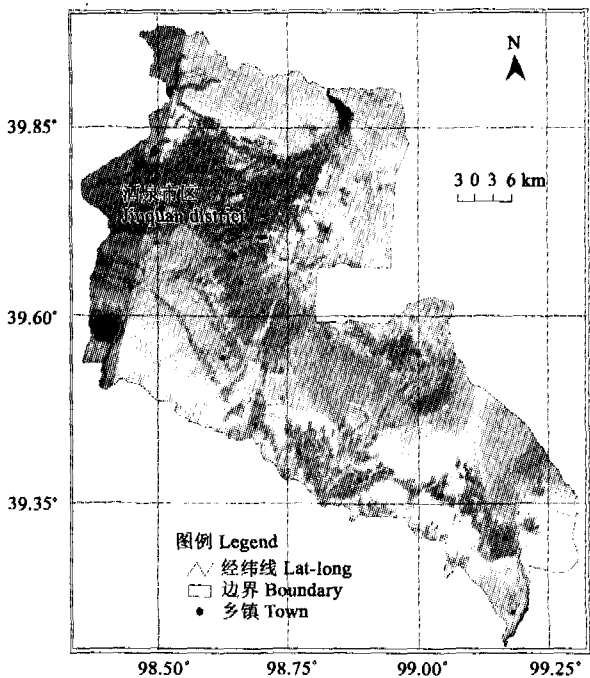


图 1 研究区位置图
Fig.1 The map of Jiuquan City

表 1 酒泉绿洲景观生态类型

Table 1 Landscape types in Jiuquan oasis		
类型 Type	代码及斑块类型 Code and Patch Types	
1 耕地 Farm land	1 耕地 Farm land	
	21 乔木林地 Arbur land	
2 林地 Forest land	22 灌木林地 Brush land	
	23 疏林地 Sparse-woods	
	24 园地 Garden plot	
	31 高覆盖度草地 High-coverage grassland	
3 草地 Grassland	32 中覆盖度草地 Middle-coverage grassland	
	33 低覆盖度草地 Low-coverage grassland	
	41 水库、坑塘 Reservoir & Pond	
4 水域 Water area	42 河流、滩地 River & Beach	
	51 城镇用地 City	
5 城乡用地 Residential area	52 农村居民地 Country resident	
	61 沙地 Sandy land	
6 荒漠 Desert	62 戈壁 Gobi	
	63 盐碱地 Saline-alkali land	
	64 裸土地 Barren land	
	65 裸岩石砾地 Rock and gravel land	

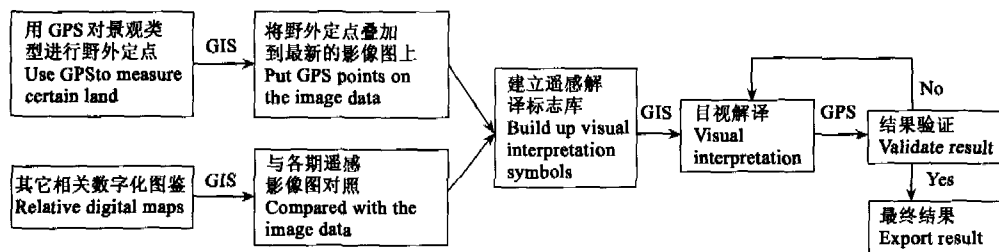


图 2 遥感目视解译流程图

Fig. 2 The chart of the process of manual interpretation

沙漠化和盐碱化是干旱区绿洲生态退化的主要威胁,两者都是影响和威胁绿洲生态安全的外动力。绿洲受沙化和盐碱化威胁的程度受到多方面的影响。首先绿洲景观中沙地和盐碱地的面积规模是表征其破坏性的重要指标之一,沙地或盐碱地的面积比例越高,绿洲受到的潜在威胁程度也越大。在面积一定的情况下,沙地或盐碱地的连通性越好,蔓延度越高,其对绿洲的潜在威胁程度也越大。绿洲斑块类型的面积、数目、几何形状及其空间分布不同对沙地或盐碱地威胁的抵抗能力也不同。面积越小,分布越离散,斑块越破碎,抵抗能力越差。沙地/盐碱地与绿洲斑块类型的空间邻接关系一方面可以体现沙地/盐碱地的特征,另一方面也可以体现各绿洲斑块类型的特征,从而可以反映绿洲受沙化/盐碱化威胁的生态安全格局状况。以草地为例,草地受到沙地或盐碱地威胁的面积占草地总面积的比例越高,反映草地受到沙地或盐碱地的潜在威胁程度也越大;草地面积一定的情况下,草地与沙地或盐碱地的空间邻接数目与草地斑块的总数目比值越大,草地受到沙地或盐碱地的潜在威胁程度也越大;草地与沙地或盐碱地的空间邻接长度占草地总边缘长度的比例越高,草地受到沙地或盐碱地的潜在威胁程度也越大。

因此,本文除了统计各斑块类型的面积、形状和分离度等基本参数外,还采用以下基于空间邻接的综合指标 2 计算绿洲景观类型受沙化、盐碱化的威胁程度:

$$C_i = L_i + P_i + A_i \quad (1)$$

式中, i 为绿洲景观斑块类型(包括耕地、林地、草地、水域和城镇居住地), L_i 为第 i 类景观类型与沙地或盐碱地的邻接长度与第 i 类景观类型边缘总长的百分数, P_i 为第 i 类景观类型与沙地或盐碱地的邻接数目与第 i 类景观类型斑块总数的百分数, A_i 为第 i 类景观类型受沙地或盐碱地威胁的面积与第 i 类景观类型总面积的百分数。从式中可以看出,当 $C_i = 3$ 时,绿洲景观斑块类型 i 被沙地或盐碱地包围,即其边缘完全与沙地或盐碱地邻接,并且绿洲斑块类型 i 的面积很小,完全受到沙地或盐碱地的影响,该类型的生态威胁最大,安全程度最低。

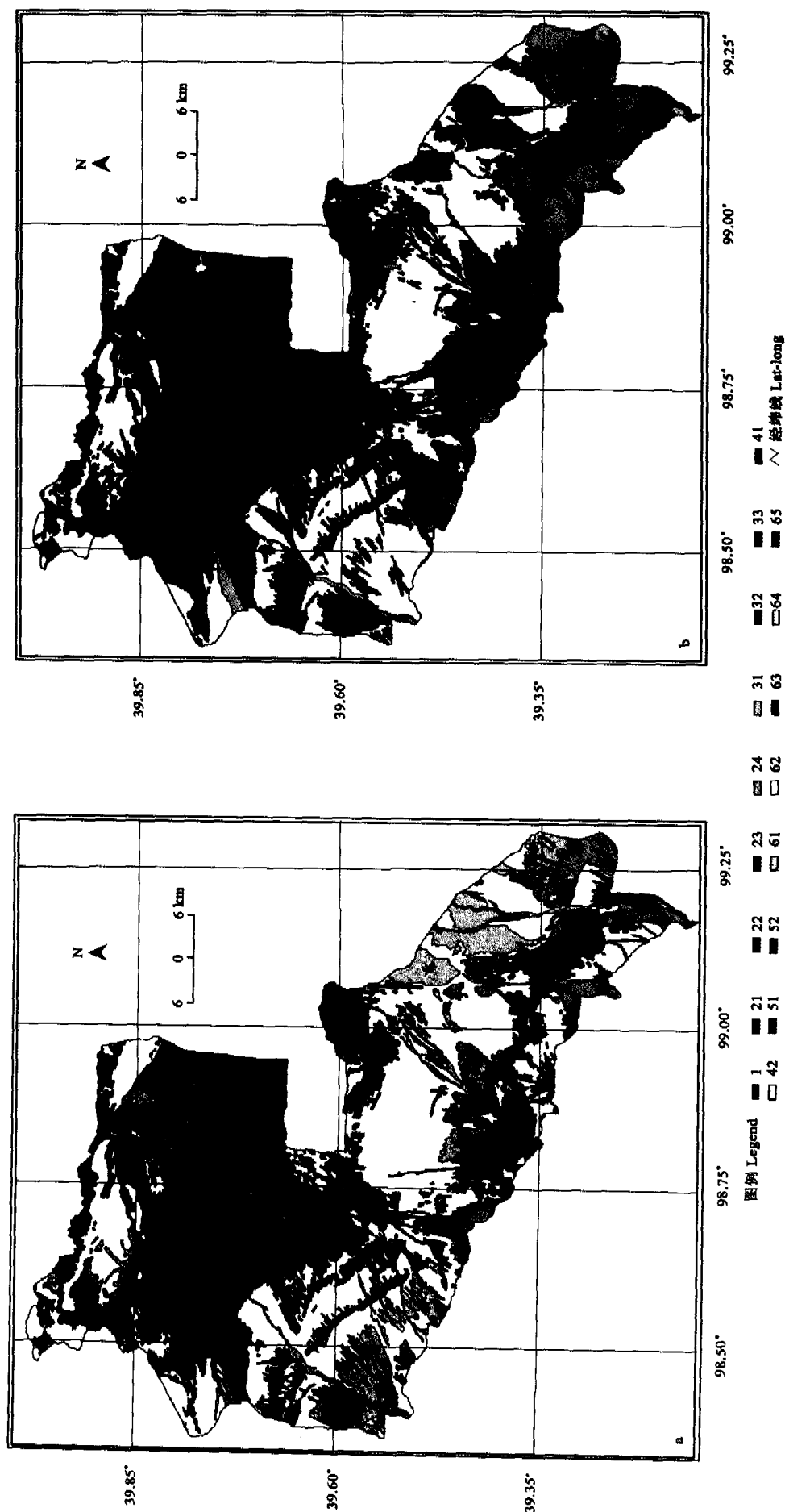
渠系和林道多是耕地的地块界限,本次遥感图像目视解译过程中,考虑到影像特征和技术处理的可行性,没有单独提取耕地中的渠系和林道,因此在景观类型图上耕地是连片状分布,而不是被渠系林道分割的块状分布,从而,耕地与沙地、盐碱地的空间邻接数目与耕地的斑块总数的比例偏大。因此将公式 1 中的 P_i 除以各斑块类型的面积再乘以 10^3 。

当沙地或盐碱地扩张并包围和分割林草用地等绿洲斑块类型时, C_i 值变大说明各绿洲斑块类型受到的威胁增加;据此利用角媛梅等^①提出的公式计算绿洲的生态安全程度(ES):

$$ES = D + \sum_{i=1}^5 C_i/3 \quad (2)$$

式中, D 为研究区中沙地或盐碱沼泽地所占面积比。沙地或盐碱地呈扩张趋势的时候, D 值变大,反之,变小;从式中可以看出,ES 值小,说明各绿洲斑块类型面积大,连通性好,只在局部的边缘地带受到沙地或盐

① 角媛梅.黑河流域中游人工绿洲景观格局与发育度综合评价研究.中国科学院研究生院博士学位论文.2003



碱地的影响,绿洲的安全程度高。*ES* 值越大,绿洲受到的沙化或盐碱化威胁越高。

采用美国俄勒冈州立大学森林科学系开发的一个景观指标计算软件——FRAGSTATS 对绿洲各斑块类型的面积、形状等基本景观结构指标进行计算。所采用的指标有: *CA* (Class Area), 指景观类型的面积(单位: hm^2); *NP* (Number of Patches), 指某景观类型的斑块数; *PAFRAC* (Perimeter-Area Fractal Dimension), 指周长-面积分维数,用以描述斑块形状,该指标的取值范围在 1 ~ 2 之间,越接近 2,说明斑块形状越复杂。*SPLIT* (Splitting Index), 指分离度,反应斑块的聚散性。

利用 ArcView 的缓冲区及图形切割计算功能,计算得到各绿洲景观斑块类型与沙地、盐碱沼泽地的空间邻接长度、邻接边数目与该景观斑块类型总边缘长度和数目的比例,以及各绿洲斑块类型受沙化、盐碱化威胁面积。

3 结果与分析

3.1 基本参数统计

从表 2 可以看出,研究区,戈壁等难利用土地比重大;耕地、草地面积次之,林地不多,但林草地、耕地有增加的趋势。从 1986 年到 2000 年,耕地的面积增加了 6797.16hm^2 ,数目也是增加的,其分维数从 1.58 减少到 1.57,分离度减少了 20.69%,这反映出随着农田水利设施的完善和机械化的普及,耕地一方面向外围扩张,另一方面,其内部结构也在改善:斑块形状更规则,连通性和聚合度高,以便于机械耕作和规模经营。这些变化说明人类在此地区内的农业开发活动十分强烈。

除了耕地,其它斑块类型也都有显著变化。林地、草地、水域以及城乡用地、沙地及裸土的面积均有所增加,分别增加了 187.83hm^2 , 16817.67hm^2 , 1870.56hm^2 , 532.17hm^2 , 9707.49hm^2 , 539.46hm^2 ; 同时,戈壁、盐碱地以及裸岩石砾地的面积都是减少的,分别减少了 22.40%, 27.88%, 7.76%。沙漠化土地面积增加是由于过度开垦和过度放牧以及工矿交通城市建设破坏植被造成的。这些变化说明人类活动对自然景观的改造程度不断加深,带来经济利益的同时也损失了生态环境价值。

表 2 1986 年和 2000 年各斑块类型的景观格局指数

Table 2 Landscape pattern metrics at class level of Jiuquan oasis in 1986 and 2000

类型 Type	1986 年 Year				2000 年 Year				1986 - 2000 年变化值 Changes			
	面积	斑块数	分维数	分离度	面积	斑块数	分维数	分离度	面积	斑块数	分维数	分离度
	CA (hm^2)	NP	PAFRAC	SPLIT	CA (hm^2)	NP	PAFRAC	SPLIT	CA (hm^2)	NP	PAFRAC	SPLIT
耕地 Farmland	86542.65	166	1.58	161.35	93339.81	170	1.57	127.96	6797.16	4	-0.01	-33.39
林地 Forest land	1668.78	58	1.42	421086.67	1856.61	72	1.44	639907.50	187.83	14	0.02	218820.83
草地 Grassland	44436.33	228	1.48	1611.34	61254.00	217	1.53	621.16	16817.67	-11	0.05	-990.18
水域 Water area	6617.70	104	1.61	13478.12	8488.26	78	1.62	8181.41	1870.56	-26	0.01	-5296.71
城乡用地 Residential area	7629.57	983	1.54	427761.33	8161.74	1440	1.49	248648.00	532.17	457	-0.05	-179113.33
沙地 Sandy land	31947.21	99	1.52	2073.46	41654.70	183	1.58	2387.42	9707.49	84	0.06	313.96
戈壁 Gobi	123087.70	94	1.44	49.57	95516.20	84	1.39	97.54	-27571.50	-10	-0.05	47.97
盐碱地 Salinized land	29538.72	65	1.51	319.07	21303.18	79	1.52	1854.63	-8235.54	14	0.01	1535.56
裸土 Barren land	893.43	44	1.63	3903019.83	1432.89	27	1.47	860163.26	539.46	-17	-0.16	-3042856.57
裸岩石砾地 Rock-gravel land	8320.50	27	1.59	7465.65	7675.20	24	1.34	7306.85	-645.30	-3	-0.25	-158.80
Σ	340682.59	1868	15.32	4777026.39	340682.59	2374	14.95	1769295.73	0	506	-0.37	-3007730.66

林地、城乡居民用地、沙地和盐碱地的斑块数目是增加的。草地和水域的斑块数目分别从 228 减少到 217,从 104 减少到 78。在分离度的变化上,草地、水域和城乡居民用地分别减少了 61.45%, 39.30%, 41.87%, 说明草地、水域和居民用地的空间分布趋于聚集;而林地、沙地和盐碱地分别增加了 51.97%, 15.14%, 481.26%, 说明这些景观类型斑块分布越来越离散。在分维数的变化上,林草用地、水域以及沙地和盐碱地的分维数是增加的,反映出这些斑块类型间的相互转换作用比较频繁和强烈,斑块的形状不规则程度增加。

草地的变化表明一方面,多个面积较小的草地斑块相互连接蔓延,逐渐变成一个大的斑块,这主要是由于

水资源的变化和分布造成,从图 3 可以看出,增加的草地多由戈壁或者盐碱地转换而来;另一方面,分维数的增大反映了草地与邻近的其它斑块类型间的相互作用加强了,形状的不规则性增加,因为林草地多是绿洲和荒漠交错地带,而交错地带是荒漠化过程和绿洲化过程对立发展的最敏感部位。下文关于草地与沙地盐碱地的空间邻接关系分析也能体现草地的这些变化。

盐碱地面积减小,斑块数目增多,形状的不规则性增加,分离度增大,反映出盐碱地规模缩小,分布越来越离散,破碎化程度加大,其对绿洲斑块类型的潜在威胁减小,局部地区出现了生态系统向良性方向演替的现象,这一点在下文中的盐碱地与绿洲斑块类型的空间邻接关系的分析中也得到了证实。

3.2 各斑块类型受沙化威胁分析

由图 4 可以看出,1986 年各绿洲景观斑块中,受沙化威胁程度最大的是耕地,其余为 $C_{草地}(0.095) > C_{林地}(0.038) > C_{水域}(0.034) > C_{城乡用地}(0.012)$ 。2000 年各绿洲景观斑块中,受沙化威胁程度最大的斑块类型由耕地变成草地,其余为 $C_{林地}(0.174) > C_{耕地}(0.114) > C_{水域}(0.049) > C_{城乡用地}(0.005)$ 。城乡居民用地由于受到人类的重点保护,因此始终是受胁程度最小的斑块类型。耕地、林草用地是沙化威胁的主要对象,随着人们防治风沙的意识不断增强,耕地越来越多地受到林草地的保护,所以 2000 时,受胁程度较林草地要小。从 1986 年到 2000 年,城乡居民用地是绿洲斑块类型中唯一一个具有反向变化趋势的,其它各斑块类型受沙化威胁程度都是增大的。 $C_{草地}$ 的变化最为显著,由 0.095 增加到 0.271,其中 $L_{草地}$ 和 $A_{草地}$ 的贡献比较大。草地主要分布在绿洲耕地的边缘,作为绿洲的生态边缘过渡带,其功能以防风固沙为主,最先受到绿洲外围沙地的侵袭,新增的沙地不断包围草地,造成草地与沙地的空间邻接长度占草地总边缘长度的比例增加,沙化威胁的面积占草地总面积的比例增加。另一方面,由上文分析可知,虽然草地的面积也是增加的,分布也趋于集中,但增加的草地多分布在戈壁或者盐碱地的内部或周边水分条件适宜的地区,而且以低盖度草地居多。2000 年耕地受胁程度虽然次于草地和林地,但 $C_{耕地}(0.114)$ 比 1986 年增加了 8.6%。反映了一方面防风固沙体系的建设使得耕地受到一定程度的保护;但另一方面由于人口压力使得耕地不断扩张,侵占周边的戈壁、盐碱地等生产力较低的土地,消耗了越来越多的水资源,导致灌耕地的局部地区水源枯竭,大面积低产出的土地就被撂荒,地表植被进一步退化甚至毁灭,加剧了沙化威胁。

3.3 各斑块类型受盐碱化威胁分析

从绿洲景观类型与盐碱地的空间邻接关系来看(图 5),1986 年,草地受潜在盐碱化威胁最大, $C_{草地}$ 的值为 0.163,其中,草地与盐碱地的邻接数目占其总数目的比例,草地与盐碱地的空间邻接长度占其边缘总长度的比例以及盐碱地对草地的威胁面积占其总面积的比例,在所有绿洲斑块类型中均是最大的。林地受盐碱化威胁程度位居第二, $C_{林地}$ 的值是 0.126,其余为 $C_{耕地} > C_{水域} > C_{城乡用地}$,其值分别为 $0.090 > 0.077 > 0.004$ 。城乡居民用的是受胁程度最小的斑块类型。盐碱地多分布在沿河冲积河漫滩、阶地、丘间洼地、坨沼间低洼甸子地

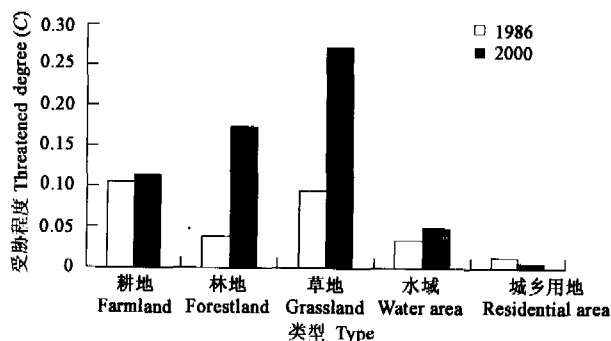


图 4 各绿洲斑块类型不同时期受沙化威胁程度图

Fig. 4 The sandy desertification threat on each oasis patch type in 1986 and 2000

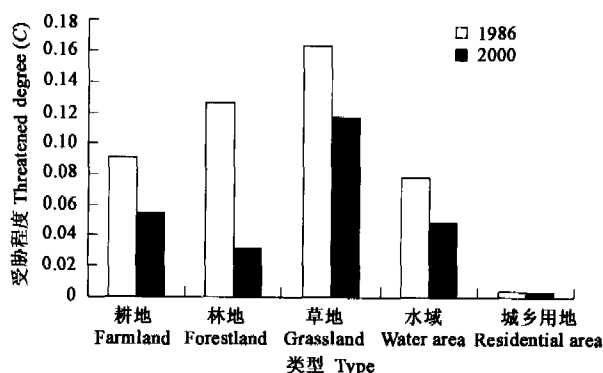


图 5 各绿洲斑块类型不同时期受盐碱化威胁程度图

Fig. 5 The salinization threat on each oasis patch type in 1986 and 2000

以及湖泡周围,地处洪积扇缘地下水溢出带平原地区的边湾、明沙窝滩、黄泥堡诸滩,地势低洼,土壤盐碱排水不畅,次生盐渍化严重,盐碱地广布,地表多为草甸、盐碱滩,低洼处常年积水,形成沼泽、湖泊,分布有草甸植被和沼泽植被,因此盐碱化对林草地的威胁比较大,并且草地与盐碱地的相互转换比较频繁。由于大漫灌等不合理的灌溉造成耕地的局部地区出现土地的次生盐碱化。在湖泊、水库等水体的周围也容易出现盐碱化的土地。

2000 年,绿洲斑块类型受盐碱化威胁程度呈减小的趋势。主要是由于盐碱地面积减少,斑块数目增加,形状的不规则性增加,分离度增大,破碎化程度加大,对绿洲的潜在威胁降低。反映了排水洗盐等盐碱化土地改良措施的成果。无论是单位面积的邻接数目比例,邻接长度比例还是威胁面积比例均呈下降趋势。草地受潜在盐碱化威胁在所有绿洲类型中仍然是最大的,林地的受胁程度低于耕地和水域。可以看出,不论是受沙化威胁程度还是受盐碱化威胁程度,城乡居民用地在所有绿洲斑块类型中均是最小的,由于城乡居民用地几乎完全受人类活动的控制,总是尽量使其避免受到沙化和盐碱化的威胁。

3.4 酒泉绿洲受潜在沙化和盐碱化威胁分析

图 6 表征了绿洲水平上受胁程度的变化。研究区内,绿洲景观受沙化威胁 $ES_{沙}$ 由 1986 年的 0.189 增加到 2000 年的 0.326。除自然因素外,人类不合理的水土资源利用方式是导致沙漠化发展主要原因。社会经济发展的同时导致局部生态环境的退化。生态系统向恶性方向转化的强度不容忽视。整个绿洲景观受盐碱化威胁 $ES_{盐碱}$ 由 1986 年的 0.240 减少到 2000 年的 0.147, 减少了 39%。表明局部地区出现了生态系统向良性方向演替的现象,这是实施一系列防治土壤盐渍化的改良措施的结果,如深翻改土,排水洗盐,降低地下水位;封滩育草、保护植被、农牧结合等。

如表 2、图 3 和图 4 所示,沙地和盐碱地面积占总面积的比例由 1986 年的 18.1% 增加到 2000 年的 18.5%;沙化和盐碱化对各绿洲斑块类型的威胁总和也由 0.248 增加到 0.288;因此,2000 年整个绿洲景观受威胁程度比 1986 年严重。人类有目的性的干扰活动(开垦农田、植树造林等)改变了干旱区有限的水资源的分布与分配,加剧了本地区荒漠化进程与绿洲化进程的对立斗争。

4 讨论与结论

国外的生态安全研究早期大都集中在大尺度(比如全球)环境变化与安全的关系上,很少关注生态系统和 社会对这些变化的响应。最近有关社会和生态系统脆弱性的问题已成为研究的中心^[24,25]。国内的生态安全研究近年来有增长的趋势,多从不同的角度来进行论述,对典型区域的研究逐渐得到重视^[4,6,19-22]。

本文以酒泉绿洲为典型区域,对人类活动影响下两个时期的绿洲生态安全格局进行定量分析是可行的,有效的。结果表明:(1)从 1986 年到 2000 年间,强烈的人类活动使得绿洲不断扩张的同时也造成了沙地和裸土面积的增加;(2)耕地、草地是受沙化和盐碱化威胁程度较大的斑块类型,而居住用地始终是受胁程度最小的斑块类型。与 1986 年相比,2000 年除了居住用地,各绿洲斑块类型受沙化的潜在威胁程度是增加的;而所有绿洲斑块类型受盐碱化潜在威胁都有所减弱。这些变化说明在绿洲人工进化过程中,农田生态系统仍然需要依赖绿洲内其它天然生态系统而存在,过渡改变天然资源在绿洲各系统的分配会造成包括农田生态系统在内的整个绿洲系统的不稳定。解决这些问题的有效方法就是加强区域景观生态建设和生态安全控制。首先,选择新的农业发展模式,改变长期以来以种植业为主的单一粗放经营模式,增加科技投入,以建设高效的立体生态农业为主要发展目标;第二,采取节约型的水资源利用模式,大力发展节水型农业;第三,封沙育草是恢复和保护天然植被最简单可行的办法,保护交错带植被,防治人为破坏生态系统;第四,严格控制人口增长。薄

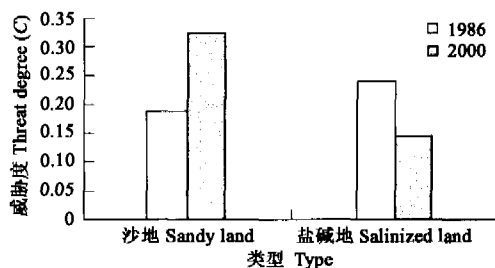


图 6 不同时期绿洲受沙化和盐碱化威胁程度图

Fig.6 The sandy desertification and salinization threats on total Jiuquan oasis in different years

弱的经济基础和脆弱的自然生态环境,经受不住人口过快增长的压力。同时,要加大各种教育宣传力度,提高全民的生态安全意识。

在文中,通过缓冲区分析的方法计算沙地、盐碱地对各绿洲斑块类型的威胁面积,由于是初步的研究,根据前人的经验确定了沙地的影响宽度为 20m,盐碱地的影响宽度为 10m,但合适的缓冲区范围还有待验证和探讨。

生态安全的评价标准具有相对性和发展性,不同国家和地区或者不同的发展阶段,其标准会有不同;生态安全的研究要体现人类活动的能动性。本文主要是基于遥感和 GIS 资料以及野外调查资料,从景观空间结构的一个侧面进行安全格局分析,针对酒泉绿洲的具体情况,总结出景观变化的若干趋势,还需进一步解决很多问题,不仅从空间格局上,还要从绿洲功能上更全面地加以评价,将在今后的工作中予以实践。

References:

- [1] Jia B Q. Approach to some theoretical problems on oasis landscape. *Arid Land Geography*, 1996, 19(3): 58 ~ 65.
- [2] Fang C L. Dynamic simulation and sustainable ecological measures of oases ecosystem in Hexi Zoulang. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16 (4): 389 ~ 398.
- [3] Lv S H., An, X. Q., & Chen, Y. C. Simulation of oasis breeze circulation in the arid region of the Northwestern China. *Science in China Ser. D Earth Sciences*, 2004, 47, 101 ~ 107.
- [4] Chen D J, Xu Z M. Study on assessment of the ecological security in the continental watersheds in northwest china—A Case Study at the Middle Reaches of Heihe River Watershed, Zhangye Prefecture. *Arid Land Geography*, 2002, 25(3): 219 ~ 224.
- [5] Barnhouse L W. The role of models in ecological risk assessment. *Environ Toxic Chem*, 1992, 11: 1751 ~ 1760.
- [6] Xiao D N, Chen W B & Guo F L. Study on the basic concepts and contents of ecological security. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(3): 354 ~ 358.
- [7] Forman R T T. & Godron M. *Landscape Ecology*. New York, 1986.
- [8] Turner M G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, 1990, 4(1): 21 ~ 30.
- [9] Xiao D N. Theoretical foundations and methodological characteristics of landscape ecology. In: Xiao D N. (Ed.), *Theory, method and application of landscape ecology*. Beijing: Forestry Press of China, 1991. 13 ~ 15.
- [10] Xiao D N., Bu R C. & Li X Z. Spatial ecology and landscape heterogeneity. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17 (5): 356 ~ 364.
- [11] Wu J G. Landscape ecology-concepts and theories. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 19 (1): 42 ~ 52.
- [12] Song D M, Xiao D N, Zhang Z C, *et al.* Change of ecological security of Minqin oasis in Shiyanghe River Basin. *Journal of Desert Research*, 2004, 24 (3): 335 ~ 342.
- [13] Camacho-De Coca F, Garcia-Haro F J, Gilabert M A & Meliá J. Vegetation cover seasonal changes assessment from TM imagery in a semi-arid landscape. *International Journal of Remote Sensing*, 2004, 25: 3451 ~ 3476.
- [14] Xie Y W, Chen F H. Study on the change of Minqin oasis since recent twenty years on digital RS image. *Arid Zone Research*, 2002, 19 (1): 69 ~ 74.
- [15] Cui S H, Hong H S, Huang Y F, *et al.* Progress of the ecological security research. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 861 ~ 868.
- [16] Guan W B, Xie C H, Ma K M, *et al.* A vital method for constructing regional ecological security pattern: landscape ecological restoration and inhabitation. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(1): 64 ~ 73.
- [17] Ma K M, Fu B J, Li X Y, *et al.* The regional pattern for ecological security(RPES):the concept and theoretical basis. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (4): 761 ~ 768.
- [18] Li X Y, Fu B J, Ma K M, *et al.* The regional pattern for ecological security (RPES): designing principles and methods. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (5): 1055 ~ 1062.
- [19] Zuo W, Wang Q, Wang W J, *et al.* Study on regional ecological security assessment index and standard. *Geography and Territorial Research*, 2002, 18 (1): 67 ~ 71.
- [20] Fang C L. Study on structure and function control of ecological security system in northwest arid area of China. *Journal of Desert Research*, 2000, 20(3): 326 ~ 328.
- [21] Peng S L, Hao Y R, Lu H F, *et al.* The meaning and scales of ecological security. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2004, 43(6): 27 ~ 31.
- [22] Li H T, Xu X G, Xiao D N. Study on the value of ecological capital based on the emery theory: A case study on the forest ecosystem in the middle part of the north slope of the Tianshan Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 25(6): 1383 ~ 1390.
- [23] Xiao D N, Li X Z, Gao J, *et al.* *Landscape Ecology*. Beijing: Science Press, 2003. 94 ~ 95.

- [24] Conca Ken. In the name of sustainability: peace studies and environmental discourse. *Peace and Change*, 1994, 19 (2): 91 ~ 113.
- [25] Sayer J, Chokkalingam U, Poulsen J. The restoration of forest biodiversity and ecological values. *Forest Ecology and Management*, 2004, 201(1): 3 ~ 11.

参考文献:

- [1] 贾宝全. 绿洲景观若干理论问题的探讨, 干旱区地理, 1996, 19(3): 58 ~ 65.
- [2] 方创琳. 河西走廊绿洲生态系统的动态模拟研究, 生态学报, 1996, 16(4): 389 ~ 398.
- [3] 吕世华, 安兴琴, 陈玉春. 西北干旱区绿洲 - 沙漠环流形成机理的数值模拟, 中国科学(D辑), 2003, 33(增刊): 94 ~ 100.
- [4] 陈东景, 徐中民. 西北内陆河流域生态安全评价研究——以黑河流域中游张掖地区为例. 干旱区地理, 2002, 25(3): 219 ~ 224.
- [6] 肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容. 应用生态学报, 2002, 13(3): 354 ~ 358.
- [9] 肖笃宁. 试论景观生态学的理论基础与方法论特点. 见: 肖笃宁主编. 景观生态学理论、方法及其应用. 北京: 中国林业出版社, 1991. 13 ~ 25.
- [10] 肖笃宁, 布仁仓, 李秀珍. 生态空间理论与景观异质性. 生态学报, 1997, 17(5): 453 ~ 461.
- [11] 邬建国. 景观生态学——概念与理论. 生态学杂志, 2000, 19(1): 42 ~ 52.
- [12] 宋冬梅, 肖笃宁, 张志城等. 石羊河下游民勤绿洲生态安全时空变化分析. 中国沙漠, 2004, 24(3): 335 ~ 342.
- [14] 颜耀文, 陈发虎. 基于数字遥感图像的民勤绿洲 20 年变化研究. 干旱区研究, 2002, 19 (1): 69 ~ 74.
- [15] 崔胜辉, 洪华生, 黄云凤等. 生态安全研究进展. 生态学报, 2005, 25(4): 861 ~ 868.
- [16] 关文彬, 谢春华, 马克明等. 景观生态恢复与重建是区域生态安全格局构建的关键途径. 生态学报, 2003, 23(1): 64 ~ 73.
- [17] 马克明, 傅伯杰, 黎晓亚等. 区域生态安全格局: 概念与理论基础. 生态学报, 2004, 24(4): 761 ~ 768.
- [18] 黎晓亚, 傅伯杰, 马克明等. 区域生态安全格局: 设计原则与方法. 生态学报, 2004, 24(5): 1055 ~ 1062.
- [19] 左伟, 王桥, 王文杰等. 区域生态安全评价指标与标准研究. 地理学与国土研究, 2002, 18(1): 67 ~ 71.
- [20] 方创琳. 西北干旱区生态安全系统结构与功能的监控思路初论. 中国沙漠, 2000, 20(3): 326 ~ 328.
- [21] 彭少麟, 郝艳茹, 陆宏芳等. 生态安全的涵义与尺度. 中山大学学报(自然科学版), 2004, 43(6): 27 ~ 31.
- [22] 李海涛, 许学工, 肖笃宁. 基于能值理论的生态资本价值——以阜康市天山北坡中段森林区生态系统为例. 生态学报, 2005, 25(6): 1383 ~ 1390.
- [23] 肖笃宁, 李秀珍, 高峻等. 景观生态学. 北京: 科学出版社, 2003. 94 ~ 95.