

从景观格局分析人为驱动的绿洲时空变化 ——以天山北坡三工河流域绿洲为例

罗格平¹, 周成虎², 陈 曦¹

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

摘要:根据三工河流域 1978、1987 年航片和 1998 年 TM 影像, 利用 GIS、RS 和景观生态的研究方法, 主要从绿洲景观格局分析了人为驱动的绿洲变化, 包括景观多样性与人类活动的复杂多样性、景观斑块形状与绿洲扩张、斑块破碎化程度与人类活动的强度等。结果表明: (1) 绿洲景观多样性总体呈现下降趋势, 区域差异性较为明显。人类活动可以显著地改变绿洲景观的多样性。 (2) 绿洲景观斑块形状总体趋向不规则性和复杂性, 但趋势减弱。人类一方面尽力在扩张绿洲外围, 增加外围斑块形状的不规则性和复杂性, 增加分维数, 另一方面也在尽量规划绿洲内部, 又使斑块形状趋向规则, 降低其复杂性; 但近 20a, 绿洲总体上以外围扩张为主。 (3) 人类活动强度和支配程度较大的绿洲区域, 其景观的破碎化程度总体较高, 绿洲中部人类活动强度最大, 其景观破碎化程度总体高于人类活动强度较弱的绿洲下部和上部; 绿洲斑块密度和景观破碎化程度随时间总体呈下降的趋势; 人为引入斑块的破碎化程度普遍高于环境资源斑块的破碎化程度。

关键词:三工河流域; 绿洲; 景观格局; 绿洲变化; 人类活动

文章编号:1000-0933(2005)09-2197-09 **中图分类号:**Q149 **文献标识码:**A

Human-induced spatio-temporal changes of oasis through landscape pattern analysis: a case study of oasis in the Sangong River

LUO Ge-Ping¹, ZHOU Cheng-Hu², CHEN Xi¹ (1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(9): 2197~2205.

Abstract: Among landscape changes, a particular type is the landscape change in an oasis that is isolated in desert surroundings. Due to the available groundwater and runoff from nearby high mountains, oasis areas have higher productivity than the surrounding desert. The landscape changes in oases have been a major concern in Xinjiang province, China. In the past 50 years, large-scale land reclamation and cultivation of water resources in Xinjiang have resulted in tremendous changes in the oases. We have investigated the spatio-temporal change of oasis through landscape pattern analysis including the landscape diversity, patch shape and patch fragmentation which reveal complexity of human activity, oasis expansion and intensity of activity in an oasis. Sangong River watershed, the study area, is located in the eastern central section on the northern slope of the Tianshan Mountains and in the southern Junggar Basin, Xinjiang, China. Data collected for this study include 65 aerial photographic images at the scale of 1 : 35 000 taken in the Sangong River watershed in August 1978, 26 color-infrared aerial photo images at the scale of 1 : 70 000 taken in the watershed in July 1987, and a Landsat TM image (synthesized from the wavelength bands 2, 3, and 4) of the watershed in August 1998. Classification of landscape patch type is needed to study spatio-temporal changes of oasis. 16 landscape patch types in oasis are classified according to the classification system of China

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向性资助项目(KZCX3-SW-326-03, KZCX3-SW-327-01); 国家自然科学基金资助项目(40471134)

收稿日期:2004-08-15; **修订日期:**2005-04-27

作者简介:罗格平(1968~), 男, 湖南湘乡人, 博士, 研究员, 主要从事资源与环境、遥感与地理信息系统应用研究。E-mail: luogp@ms.xjb.ac.cn

Foundation item: The Project of Knowledge Innovation of CAS (No. KZCX3-SW-326-03, KZCX3-SW-327-01); National Natural Science Foundation of China (No. 40471134)

Received date: 2004-08-15; **Accepted date:** 2005-04-27

Biography: LUO Ge-Ping, Ph. D., Professor, mainly engaged in resources and environment information system, RS and GIS application. E-mail: luogp@ms.xjb.ac.cn

State Bureau of Land Administration. These 16 types include irrigated lands, woodlands, shrubbery lands, shelter-forest lands, natural grasslands, cities, towns, villages and industrial and mining lands, highways, reservoirs and ponds, rivers and flood lands, desert grasslands, saline or alkaline lands, swamps, deserts, and gravel lands. The classification accuracy of types for 1978, 1987 and 1998 are estimated at 93%, 96%, and 94%, respectively. The results show that (1) Shannon's diversity index and Shannon's evenness index across the oasis have declined. Their regional differences are significant but temporal differences are not. Human activities may evidently change oasis landscape diversity; (2) As oasis landscape patches are developed they generally, but slowly, become more anomalous and complex. In the development of oasis, humans endeavor to expand the periphery of oasis, which will increase anomaly and complexity of oasis landscape patch. On the other hand, humans endeavor to arrange the interior of oasis, which will decrease anomaly and complexity of oasis landscape patch. In the last 20 years, the former has always been predominant; (3) The oasis regions with the more intensive human activity have the higher fragmentation of landscape. The human activity is most intensive in the central part of oasis, whose intensity of landscape fragmentation is higher than in the upper and lower part of oasis, where human activity is relative weak compared with the central part. The patch density and fragmentation of oasis have declined as a whole. The extent of fragmentation of human-introduced patches generally is higher than that of environmental resources patches.

Key words: Sangong River watershed; oasis; landscape pattern; change in the oasis; human activity

绿洲是在荒漠背景上以天然径流为依托的,具有较高的第一性生产力的中、小尺度非地带性景观^[1]。近 50a 来人类干扰对绿洲环境变化起主导作用^[1~4],而景观变化是其最直观的标志。绿洲景观变化主要是人类活动驱动的结果。人类活动对绿洲景观的影响有直接和间接两个方面:直接影响主要表现为,人类在大规模开发的过程中,改变了水资源的时空分布,导致部分原始天然荒漠植被退化,部分变为人工植被和人工聚居区,原始土壤经灌溉、施肥逐步演变为耕作土壤^[5];间接影响主要为地下水的过度开采和地表水的重灌轻排所引起的绿洲区域地下水位下降或上升,它间接改变了绿洲土壤特征和其上的植被生长状态,使绿洲景观呈现荒漠化和盐渍化^[6~8]。

在绿洲景观生态研究方面近 10a 已取得较大的进展,主要集中在较大时空尺度的绿洲景观格局及其变化以及受水资源胁迫的景观格局与变化^[9~15],对绿洲景观变化的人为驱动研究较为薄弱。事实上,人为驱动的绿洲景观变化是绿洲环境变化的关键所在,将是绿洲生态学研究的重要内容之一。随着遥感技术的发展,借助于高时空分辨率遥感影像可以实现中小尺度的绿洲景观格局和景观动态研究,而且对人类活动对绿洲景观变化的细微之处可以进行较为详细的刻画。本文研究目标是主要利用近 20a 三工河流域绿洲的航空和卫星影像数据,进行了中小尺度的绿洲景观格局分析;在此基础上分析绿洲动态变化的人为驱动特征,包括绿洲人类活动的多样性、强度和绿洲发展方向。

1 研究区域、材料、方法

1.1 研究区域

本文研究的区域为新疆天山北坡的三工河流域,面积 1670km²,这里发育有典型的冲洪积扇-冲积平原型人工绿洲。流域属内陆干旱区,夏季炎热干旱,冬季寒冷多风,年平均降雨量 220mm,年平均蒸发量 1817mm,年平均气温 6.9℃。流域所属的三工河、四工河、水磨河三条水系的年平均径流量为 $9730 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

根据三工河流域绿洲空间分布规律,将绿洲分为 3 个研究子区(图 1):绿洲上部(冲洪积扇的中上部)、绿洲中部(冲洪积扇的中下部,是绿洲的核心部分,相当于绿洲大规模扩张前的绿洲部分)和绿洲下部(位于平原水库下部的冲积平原)。绿洲上部与中部的分界线大致在地下水渗漏带,绿洲中部与下部的分界线为潜水溢出带。

1.2 研究材料与数据处理

主要研究材料有:三工河流域 1978 年 8 月 1:35000 的航片 65 幅;三工河流域 1987 年 6 月 1:70000 的彩红外航片 26 幅;1998 年 8 月 TM 影像一景(4、3、2 波段)。利用 ERDAS IMAGE 图像处理软件和 1:50000 地形图对上述影像进行图象处理(包括几何纠正,航空影像的正射镶嵌),生成 1978、1987 和 1998 年 1:50000 具有平面坐标的遥感影像图 3 幅。

由于 1978 年为 1:3.5 万的航片,1987 年为 1:7 万的彩红外航片,1998 年为 TM 影像(可认为是 1:10 万的比例尺),影像的信息详细程度(空间分辨率)存在较大的差异。因此,在影像几何纠正的过程中,根据黑白影像和彩色影像的信息量以及空间分辨率的差异,采用不同像元重采样大小,以缩小不同影像信息详细程度的差异。对于黑白航片按照 20m 的像元分辨率进行重采样,对于彩红外航片按照 30m 分辨率进行重采样,但对于 TM 影像只能按照 30m 的像元分辨率重采样。经过这样的技术处理,可缩小不同影像信息详细程度的差异。

在 GIS 软件 ARC/INFO(8.0)支持下,针对 1978、1987 和 1998 年 1:50000 具有平面坐标的遥感影像,进行遥感影像机助

解译,并建立拓扑关系和进行空间分析,获得研究区及其3个研究子区景观分类数据(图2)。由于1998年的影像为Landsat TM影像空间分辨率仅30m,一般情况仅能满足1:10万比例尺的制图精度,故又利用当地土地部门同期的1:50000土地利用现状图进行验证和修正。1998年1:5万土地利用现状图是在1987年1:1万土地利用现状图的基础上经过逐年土地利用变更和制图综合完成的,首先制图综合形成1:2.5万图,然后再综合为1:5万图。制图综合是地图学中复杂的科学问题,目前仍然未很好的解决。当地土地部门通常通过手工操作的方法,完成土地变更和制图综合,其结果产生较多误差和变形。通过分析,1:5万土地利用图中的土地利用斑块的分类精度较高,但与同期经过纠正的1998年TM影像图比较后,发现土地利用斑块之间的界限存在较大误差,另外线性地物也多存在明显的错位和变形,无法通过几何纠正把斑块的界限误差和线性地物的错位校正过来,因此,在目视解译时,采用几何纠正后的TM影像作为解译的工作底图,线性地物和斑块的界限来自于影像的纹理特征,但由于TM影像本身的分辨率限制,对斑块类型的解译判读方面存在偏差,故用斑块类型精度较高的1:5万土地利用现状图对解译的斑块类型进行验证和修正。沿着高速公路和其它主要公路,抽取1998年分类斑块85个,并与1998年土地利用现状图进行对比,正确分类的斑块数为78个,即通过抽样调查1998年斑块分类精度为92%。对分类不正确的斑块经过修正后,1998年的斑块分类精度要高于这个值。但考虑到在进行制图综合中存在的误差,故仍采用92%的分类精度。

同样,用1980年1:5万地形图(根据地形图说明,该1:5万地形图源自于1978年航片)和1987年1:5万土地利用现状图,对1978年和1987年的影像解译结果进行制图综合,并同时校验和修正解译结果。针对1978年和1987年的影像解译结果,沿着主要公路分别抽取解译斑块56和61个,与1980年的地形图和1987年的土地利用现状图对比后,解译正确的斑块数分别为54和57个,1978年和1987年斑块分类抽样精度分别为96%和93%。

这样通过影像纠正时的重采样技术处理和对解译斑块的制图综合处理,已尽可能地缩小了影像的不同空间分辨率对解译结果详细程度的差异。因此影像数据的空间分辨率差异对景观格局分析结果的影响是很小的,可基本上不考虑。

景观斑块的划分是进行景观格局和动态分析的首要步骤,确定适宜的基本分类单元对景观生态研究很关键。在全国土地利用现状调查技术规程中^[16],土地利用现状分类系统的地类定义明确,适合于用作景观斑块类型的划分,本文将采用此分类系统。根据三工河流域的土地资源特征和景观变化差异,可将绿洲景观斑块类型划分为水浇地、有林地、灌木林地、防护林地、天然牧草地、城市、城镇、村庄及工矿用地、公路、水库坑塘、河流及河滩、荒草地、盐碱地、沼泽地、沙漠和石砾地等16个类型。并根据Forman和Godron提出的景观斑块起源和成因,将上述斑块归为两类:人为引入斑块和环境资源斑块。其中将水浇地、有林地、防护林地、城市、城镇、村庄及工矿用地、公路、水库坑塘划分人为引入斑块,而将灌木林地、天然牧草地、河流及河滩、荒草地、盐碱地、沼泽地、沙漠和石砾地划为环境资源斑块。事实上,在绿洲内同样存在残留斑块(如人类开发荒草地时残留下的小面积的夹荒地)和干扰斑块(人类土地资源利用不当引起的各类弃耕地等),由于分类限制,无法单独分类,故将这些斑块划入到人为引入斑块和环境资源斑块中去。对于一些线状地物,如部分公路、农村道路、沟渠、部分防护林带等,因技术处理原因无法单独分类,故也分别划入到上述类型之中,不再单独列出。

1.3 研究方法

绿洲景观格局分析可通过计算景观格局指数进行。本文主要利用ArcView GIS(3.2)软件中的Patch Analyst模块进行景观格局指数的计算^[17],包括以下三大类:

第1类是多样性指数类,本文重点分析了景观多样性指数SDI(Shannon's Diversity Index)和景观均匀性指数SEI(Shannon's Evenness Index)。

第2类是斑块形状指数类,本文重点分析了平均形状指数MSI(Mean Shape Index)、面积加权平均形状指数AWMSI(Area Weighted Mean Shape Index)、平均斑块分维数MPFD(Mean Patch Fractal Dimension)、面积加权平均斑块分维数AWMPFD

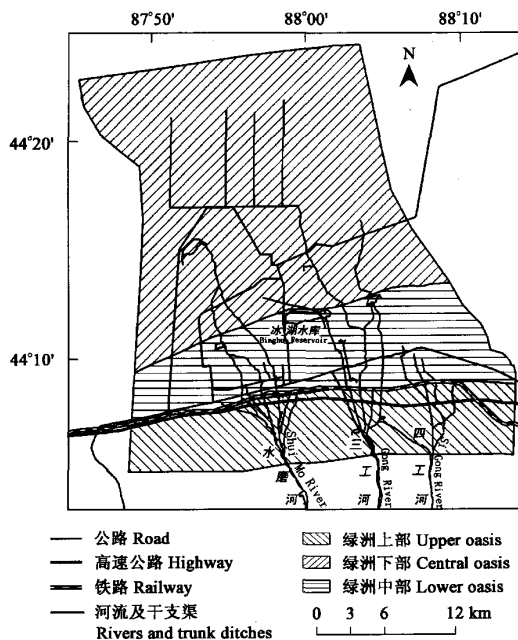


图1 三工河流域绿洲略图及其研究分区

Fig. 1 The sketch map in the oasis of Sangong River watershed and its sub-regions

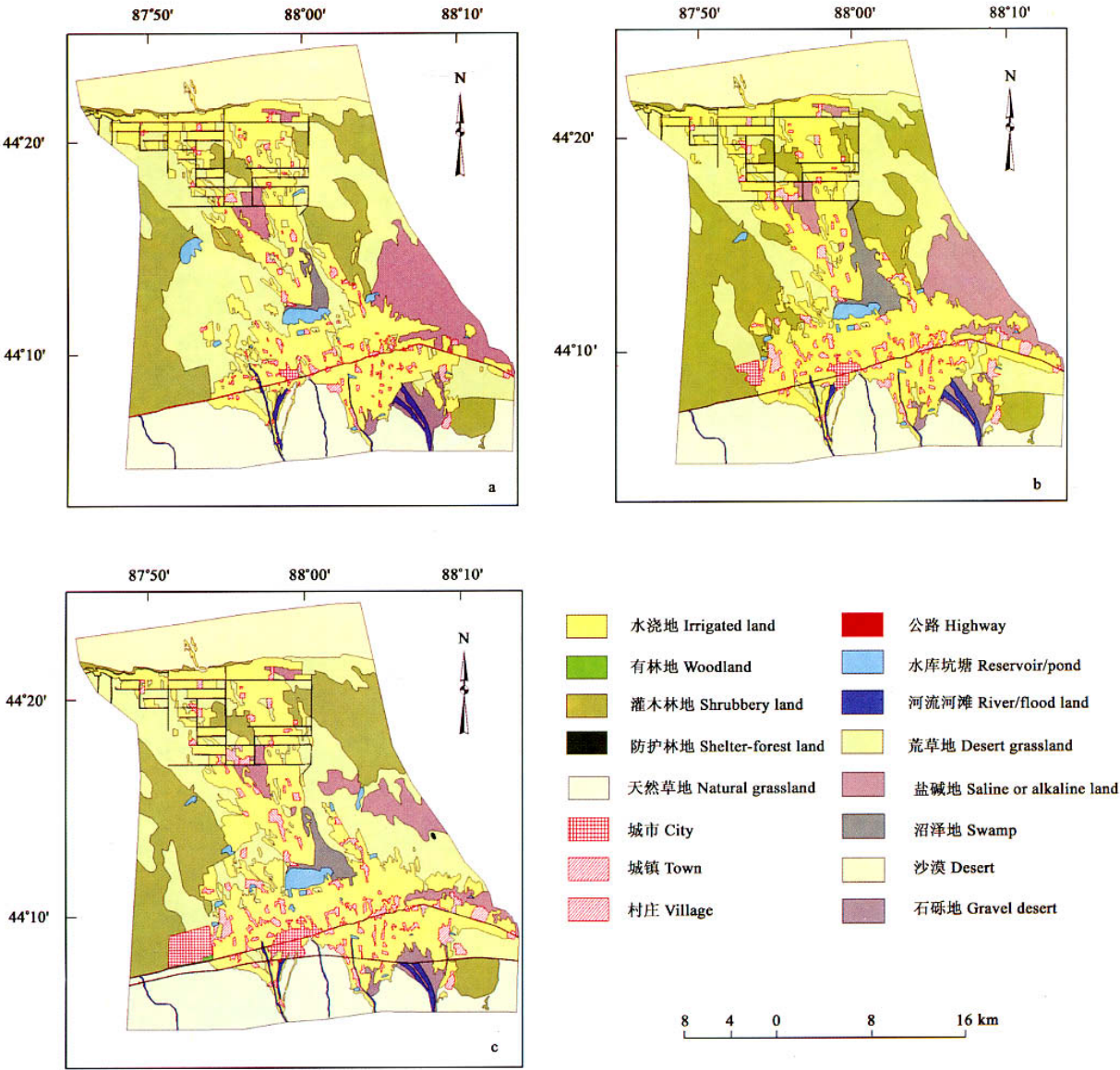


图2 三工河流域绿洲 1978(a)、1987 年(b)和 1998 年(c)景观斑块类型分布图
Fig.2 The patched distribution map of oasis landscape in Sangong River watershed in 1978(a), 1987(b), 1998(c)

(Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension)。

第 3 类为景观破碎化指数类。本文重点分析了斑块数量 N (No. of Patch)、各类景观的总面积 TLA (Total Landscape Area)、不同景观斑块类型的面积 CA (Class Area)、斑块密度 PD (Patch Density)、平均斑块的面积 MPS (Mean Patch Size)、分离度指数 AWPDP (Area Weighted Patch Density、斑块面积标准差 PSSD (Patch Size Standard Deviation) 和斑块面积变异系数 PSCOV (Patch Size Coefficient of Variance)。

2 结果分析与讨论

2.1 流域绿洲景观多样性与人类活动多样性

三工河流域绿洲景观多样性 SDI 和均匀性 SEI 在区域上存在较大差异,但在时间上差异不明显,不过总体呈下降的趋势,这说明景观的多样性程度在下降(表 1)。整个绿洲景观的多样性指数和均匀性指数分别由 1978 年的 4.7818 和 0.8135 下降到 1987 年的 4.6687 和 0.8109,到 1998 年又回升至 4.7195 和 0.8125,但仍低于 1978 年的水平。在 1978~1987 年期间,由于加强了土地整理、农田基本建设和居民点规划、复垦,使得人为引入的种植斑块和聚居地斑块数目显著下降,分别由 98 和 127 个下降到 73 和 103 个,呈粗粒化趋势,期间绿洲景观廊道(主要由河流、干支渠、公路和干支防护林带组成)的结构和规模没有实质性的变化,从而使绿洲景观多样性下降。如果 1987 年以后景观廊道不发生显著变化,在人类干扰下,人为引入斑块将继续向粗粒化发展,斑块数目仍会继续减少,且其所占比例也会继续上升,相应绿洲景观多样性将继续降低。但是在 1987~1998 年期间,廊道景观实际上发生了显著的改变,主要表现为,在绿洲上部增加了一条宽度达 60~70m 的高速公路(图 1),且与河流水系、干支渠廊道成正交,显著改变了整个绿洲的物质流、能量流网络结构体系,从而改变了绿洲景观斑块的格局,在绿洲上部和下部增加了景观类型和景观斑块的数目,引起景观多样性指数上升。因此,可初步认为人类活动可显著地改变绿洲景观的多样性。

表 1 三工河流域绿洲 1978、1987、1998 年景观多样性、均匀性指数

项目 Items	1978		1987		1998	
	多样性 SDI	均匀性 SEI	多样性 SDI	均匀性 SEI	多样性 SDI	均匀性 SEI
整个绿洲 Entire oasis	4.7818	0.8135	4.6687	0.8109	4.7195	0.8125
绿洲上部 Upper oasis	4.2051	0.8031	4.1155	0.8060	4.1317	0.8009
绿洲中部 Central oasis	3.8911	0.7776	3.6930	0.7636	3.7088	0.7681
绿洲下部 Lower oasis	3.5818	0.8549	3.5472	0.8664	3.8262	0.8683

SDI Shannon's Diversity Index; SEI Shannon's Evenness Index

2.2 景观斑块形状指数变化与人为驱动的绿洲扩张

近 20a,整个绿洲的景观斑块平均形状指数 MSI、面积加权平均形状指数 AWMSI、平均斑块分维数 MPFD 和面积加权平均斑块分维数 AWMPFD 有所增加(表 2)。这说明景观斑块总体形状朝越来越不规则和越来越复杂的趋势发展,但从形状指数和分维数指数的大小看,后期(1987~1998 年)与前期(1978~1987 年)相比,发展的趋势趋缓。究其原因,可能与绿洲水土资源开发与绿洲的外围拓展有关。近 20a 来,绿洲的水土开发和扩展一直都在进行当中,并且开发的难度在逐步增加。由于水土开发和绿洲扩张一般遵循因地制宜的原则,其结果使绿洲的边界趋于不规则和复杂,尤其是处于绿洲边缘的人工引入斑块的形状更是趋于不规则和复杂,如耕地,经常呈现锯齿状或长条型,在大比例尺的土地利用图和航片中,可明显显示这种特征。当然这也导致与人工引入斑块邻近的环境资源斑块的形状也将趋于复杂,分维数增加。但在绿洲内部,斑块形状的复杂性随着土地利用历史的增加以及机械化的普及而降低,表现为人工引入斑块中的残留斑块和干扰斑块减少,使其集中连片,而且形状规则,多呈现网格状,以便于机械耕作和规模经营,也有利于大风、冻害、干热风等自然灾害的防御,保护绿洲生态环境。

表 2 三工河流域绿洲 1978、1987、1998 年景观形状指数

	1978				1987				1998			
	整个绿洲 Entire oasis	上部 Upper oasis	中部 Central oasis	下部 Lower oasis	整个绿洲 Entire oasis	上部 Upper oasis	中部 Central oasis	下部 Lower oasis	整个绿洲 Entire oasis	上部 Upper oasis	中部 Central oasis	下部 Lower oasis
MSI	1.59	1.71	1.52	1.59	1.67	1.86	1.59	1.61	1.69	1.82	1.61	1.59
AWMSI	2.48	1.6	2.62	2.34	2.6	1.67	3.31	2.31	2.69	1.68	3.35	2.43
MPFD	1.052	1.073	1.051	1.05	1.056	1.088	1.058	1.05	1.057	1.073	1.057	1.048
AWMPFD	1.091	1.051	1.104	1.086	1.094	1.056	1.118	1.085	1.096	1.054	1.121	1.088

MSI mean shape index; AWMSI area weighted mean shape index; MPFD mean patch fractal dimension; AWMPFD area weighted mean patch fractal dimension;下同 the same below

因此,在绿洲景观的变化与发展中,人类一方面尽力在扩张绿洲外围,使绿洲面积扩大,其结果是增加绿洲景观斑块形状的不规则性和复杂性,增加分维数,另一方面也在尽量规划绿洲内部,其结果是绿洲景观斑块形状的趋向规则,降低其复杂性。从绿洲景观斑块形状指数和景观斑块分维数的计算结果看,近 20a,一直是前者占优势,只不过这种优势在后期逐渐减弱。就景观斑块类型形状指数和分维数而言,又出现了分化,并不总是与整个景观保持一致:水浇地在前期是前者(绿洲边缘扩张)占优势,结果水浇地的形状指数和分维数在增加,耕地以外围扩张为主,后期是后者(内部挖潜)占优势,结果水浇地的形状指数和分维数在下降,说明耕地发展以内部挖潜、加强农田基本建设为主;城市由于加强了统一规划和管理,其形状指数和分维数均在下降,而城镇和村庄,由于统一规划力度不够以及其他原因(如历史、风俗习惯等),其形状指数和分维数仍在上升,但上升的幅度在减缓。

具有廊道特性的斑块类型,其形状指数和分维数(如河流河滩等)均远大于非线性特征的斑块类型,它们形状指数和分维数(表 3)。在不具有线性特征的斑块类型中,城市、城镇、村庄、水库等完全受人类控制的人为引入斑块类型和天然草场、沙漠等很少受人类影响的环境资源斑块类型,它们形状指数值普遍较小,小于 1.6,而且其分维数也较小,非常接近 1,表现出很强的自我相似性;受人类干扰和自然作用双重影响的斑块类型的形状指数值相对较大,如水浇地、灌木林地、荒草地、盐碱地、沼泽地、石砾地等,普遍大于 1.6,而且其分维数也较大,绝大多数在 1.1 左右变化。

表 3 1978、1987、1998 年三工河流域绿洲斑块形状指数
Table 3 The patch shape indexes of oasis in Sangong River Watershed in 1978, 1987 and 1998

斑块类型 Patch type	1978				1987				1998			
	MSI	AWMSI	MPFD	AWMPFDMSI	AWMSI	MPFD	AWMPFDMSI	AWMSI	MPFD	AWMPFD	AWMSI	MPFD
水浇地 13	1.52	3.05	1.0501	1.1223	1.61	3.69	1.0553	1.1351	1.54	3.66	1.0512	1.1335
有林地 31	3.02	3.86	1.1710	1.2159	3.20	3.73	1.1841	1.2135	3.14	3.30	1.1793	1.1863
灌木林地 32	1.83	1.76	1.0750	1.0632	1.97	2.29	1.0847	1.0899	1.88	1.89	1.0782	1.0684
防护林地 33	15.51	23.42	1.3516	1.4085	15.35	23.10	1.3510	1.4072	15.35	23.12	1.3510	1.4073
天然草场 41	1.46	1.51	1.0402	1.0424	1.50	1.52	1.0429	1.0433	1.48	1.46	1.0446	1.0410
城市 51	1.38	1.53	1.0474	1.0606	1.35	1.37	1.0396	1.0414	1.65	1.43	1.0597	1.0400
城镇 52	1.29	1.24	1.0374	1.0312	1.43	1.49	1.0495	1.0550	1.58	1.57	1.0643	1.0636
村庄 53	1.21	1.34	1.0303	1.0428	1.34	1.57	1.0422	1.0607	1.35	1.59	1.0429	1.0608
水库坑塘 73	1.19	1.36	1.0249	1.0402	1.15	1.37	1.0222	1.0403	1.19	1.37	1.0272	1.0410
河流河滩 76	3.68	3.27	1.1870	1.1635	3.51	3.35	1.1732	1.1662	2.79	3.01	1.1472	1.1552
荒草地 81	1.56	2.80	1.0591	1.1090	1.43	2.26	1.0480	1.0864	1.50	3.09	1.0503	1.1193
盐碱地 82	1.52	2.33	1.0463	1.0944	1.46	2.56	1.0412	1.1047	1.59	2.08	1.0491	1.0841
沼泽地 83	2.77	2.77	1.1308	1.1308	2.51	2.51	1.1104	1.1104	2.51	2.51	1.1140	1.1140
沙漠 84	1.76	1.76	1.0618	1.0618	1.76	1.76	1.0618	1.0618	1.82	1.82	1.0653	1.0653
石砾地 86	2.07	2.42	1.0979	1.1131	2.11	2.44	1.1008	1.1155	1.96	1.96	1.0969	1.0925

13: irrigated lands; 31: woodlands; 32: shrubbery lands; 33: shelter-forest lands; 41: natural grasslands; 51: cities; 52: towns; 53: villages and industrial and mining lands; 73: reservoirs and ponds; 76: rivers and flood lands; 81: desert grasslands; 82: saline or alkaline lands; 83: swamps; 84: deserts; 86: gravel lands

2.3 景观破碎化指数与人类活动的强度

2.3.1 景观斑块密度 斑块密度在不同景观分区上存在着较大差异(表 4),且与人类活动的强度密切相关。1978 年斑块密度分布是:绿洲中部>下部>上部;1987 年的分布是:绿洲中部>下部=上部;1998 年则为绿洲中部>上部>下部。这说明绿洲中部人类活动的强度最大,绿洲下部和上部在不同时段出现分异,1987 年之前绿洲下部的人类活动强于上部,1987 年之后情况正好相反。

从时间上看,前期(1978~1987 年)斑块密度下降,景观破碎化程度降低,后期(1987~1998 年)斑块密度增加,景观破碎化程度增加,绿洲上部更为明显;就整个时期(1978~1998 年)而言,斑块密度和景观破碎化程度随时间呈下降的趋势。这与斑块数目的变化相关。1978 年时斑块总数为 357 个,1987 年下降为 295 个,到了 1998 年则又上升为 326 个。其原因是与 1987~1998 年期间在绿洲上部修建的高速公路密切相关。前期(1978~1987 年)整个绿洲及景观分区,斑块数目显著下降,但后期情况发生了变化。后期由于高速公路的修建,使绿洲上部的斑块数目显著增加,由 1987 年的 60 个增至 1998 年的 82 个。在绿洲上部修建的高速公路对绿洲中部和下部也有明显的影响,绿洲中部斑块数目后期仅从 126 个下降为 125,延缓了下降的趋势;而在绿洲下部斑块数目反而有一定幅度的增加(如果不修建高速公路,绿洲中部和下部的斑块数目应该减少)。

表 4 三工河流域绿洲 1978、1987、1998 年景观破碎化指数

Table 4 The landscape fragmentation indexes of oasis in Sangong River Watershed in 1978, 1987 and 1998

	1978				1987				1998			
	整个绿洲 Entire oasis	上部 Upper oasis	中部 Central oasis	下部 Lower oasis	整个绿洲 Entire oasis	上部 Upper oasis	中部 Central oasis	下部 Lower oasis	整个绿洲 Entire oasis	上部 Upper oasis	中部 Central oasis	下部 Lower oasis
TLA(km ²)	942.1	193.3	216.3	532.5	942.1	193.3	216.3	532.5	942.1	193.3	216.3	532.5
N	357	66	149	188	295	60	126	165	326	82	125	174
PD	0.38	0.34	0.69	0.35	0.31	0.31	0.58	0.31	0.35	0.42	0.58	0.33
MPS(km ²)	2.64	2.93	1.45	2.83	3.19	3.22	1.72	3.23	2.89	2.36	1.73	3.06
PSSD(km ²)	10.35	7.85	5.18	10.71	11.14	8.15	7.22	10.95	10.22	6.73	6.70	10.56
PSCOV(%)	392	268	357	378	349	253	421	339	354	285	387	345

TLA: total landscape area; N: No. of patch; PD: patch density (No. of patch /km²); MPS: mean patch size; AWPd: area weighted patch density; PSSD: patch size standard deviation; PSCOV: patch size coefficient of variance

绿洲斑块密度和景观破碎化程度的变化与绿洲人类活动特点及其强度和变化的趋势密切相关。人类在水土开发不断扩张绿洲规模的同时,逐步加强了对后备土地资源的保护和统一规划(这里的后备资源主要包括荒草地、盐碱地、灌木林地等),而且对绿洲内部的土地整理也更加重视,包括加强农田基本建设,城乡统一规划和农村居民点的复垦等,结果使以耕地为主的农用地斑块连片成带,农村居住斑块数量明显减少,但城镇乡村斑块的面积逐渐增加,从而显著地降低了斑块密度和景观破碎程度。如果没有重大干扰介入,正常强度的人类活动使绿洲景观的破碎化程度呈现降低的趋势。

就不同的景观斑块类型而言,斑块密度存在很大的差异(表 5)。总体来看,人为引入斑块的密度大于环境资源斑块的密度,而且人为引入斑块的密度随时间呈现下降的趋势,但耕地是一个例外。例外的主要原因是由于遥感图像目视解译过程中技术处理原因,基本上没有按渠系、林带等分割线对耕地进行划分。

2.3.2 景观斑块的分离度 景观斑块分离度指数值差异很大(表 5)。从这些斑块受人类干扰的强度看,人类干扰程度较大斑块,其景观分离度也较大,而且随干扰时间呈现总体下降的趋势,如城市、城镇、村庄等人为引入的斑块类型,但耕地是一个例外,其原因同“2.3.1”中的分析。受人类影响较弱的斑块类型,其景观分离度总体较小,而且随干扰时间呈现总体上升的趋势。如天然草场、荒草地、盐碱地、河流河滩地、石砾地等环境资源斑块的分离度总体较小,但随时间总体呈现增加的趋势。

2.3.3 景观斑块面积变异系数 从整个绿洲及各景观分区看,景观斑块面积变异系数的变化范围不大,且在时间上变幅也不大。其区域变化规律与人类活动的强度有关,近 20a 来,绿洲中部的人类活动的强度最大,斑块的归并活动最强,使得斑块之间的面积差异拉大,斑块面积的变异系数总体较大;绿洲上部的人类活动相对较弱,斑块面积的变异系数较小。

从不同的斑块类型看,斑块面积变异系数的变化范围较大,最小值为 0,最大值为 437.9。从时间变化上看人为引入斑块面积变异系数随时间有逐步增大的趋势,如水稻地,由于加强了耕地的整理,条田归并而出现较大面积的水浇地斑块,同时又由于土地开发的因地制宜,又出现面积较小的水浇地斑块,从而加大了水浇地面积的变异系数。而环境资源斑块面积变异系数随时间有逐步减小的趋势,如荒草地,因为荒草地通常为较好的土地后备资源,随着人类开发强度的增加,一般很难保存有大面积的荒草地斑块,从而降低了斑块面积的变异系数。

3 结论

(1) 绿洲景观多样性和均匀性在不同区域上存在较大差异,但在时间上差异不大,且总体呈现下降趋势,这说明景观的异质性程度在下降。人类活动可以显著地改变景观的多样性。

(2) 整个绿洲的景观斑块平均形状指数、面积加权平均形状指数、平均斑块分维数和面积加权平均斑块分维数有所增加,这说明景观内斑块总体形状朝越来越不规则和越来越复杂的趋势发展,但发展的趋势趋缓。在绿洲景观的变化与发展中,一方面人类在尽力扩张绿洲外围,使绿洲面积扩大,其结果使绿洲景观斑块形状的不规则性和复杂性增加,分维数也相应增加;另一方面也在尽量规划绿洲内部,其结果使绿洲景观斑块形状趋向规则,其复杂性降低。近 20a 一直是前者占优势,只不过这种优势在后期逐渐减弱。

(3) 人类活动的强度和支配程度较大的绿洲区域,其景观的破碎化程度总体较高。人类活动强度较大的绿洲中部,其景观破碎化程度总体高于人类活动强度相对较弱的绿洲下部和上部。绿洲斑块密度和景观破碎化程度随时间总体呈下降的趋势。人为引入斑块的破碎化程度普遍高于环境资源斑块的破碎化程度,而且随时间呈现下降的趋势,但环境资源斑块的破碎化程度有上升的趋势。

表 5 1978、1987、1998 年三河流域绿洲斑块破碎化指数

Table 5 The patch fragmentation indexes of oasis in Sangong River Watershed in 1978, 1987 and 1998

斑块类型 Patch type	1978			1987			1998		
	$n(\text{No.})/\text{CA}$ (km^2)/PD (No./ km^2)	AWPD (No./ km^2)	PSCOV (%)	$n(\text{No.})/\text{CA}$ (km^2)/PD (No./ km^2)	AWPD (No./ km^2)	PSCOV (%)	$n(\text{No.})/\text{CA}$ (km^2)/PD (No./ km^2)	AWPD (No./ km^2)	PSCOV (%)
水浇地 13	98/221.9/0.44	1.9	272.5	73/240.9/0.30	1.2	301.3	92/250.9/0.37	1.4	332.6
有林地 31	2/0.23/8.64	35201.0	64.0	3/0.41/7.38	17110.5	49.2	4/0.92/4.33	4407.3	75.9
灌木林地 32	12/137.8/0.09	0.6	163.0	12/162.7/0.07	0.4	189.8	10/146.5/0.07	0.4	166.0
防护林地 33	2/5.0/0.40	75.5	85.1	2/4.9/0.41	78.1	84.9	2/4.9/0.41	77.8	84.9
天然草场 41	5/130.1/0.04	0.3	59.0	5/129.3/0.04	0.3	59.3	9/128.0/0.07	0.5	106.1
城市 51	2/1.4/1.41	933.8	86.4	3/6.6/0.46	65.6	32.0	3/17.2/0.17	9.6	51.4
城镇 52	2/1.0/1.99	1874.3	26.1	2/2.1/0.95	427.3	23.0	2/2.9/0.70	228.0	11.5
村庄 53	123/16.9/7.29	407.5	119.7	98/285.8/3.43	113.0	114.2	101/32.3/3.13	91.3	116.1
水库坑塘 73	13/9.0/1.44	150.9	178.9	14/6.6/2.11	299.1	226.9	18/9.5/1.88	185.9	245.5
河流河滩 76	7/8.4/0.84	94.6	94.2	7/7.6/0.92	113.2	107.8	11/6.0/1.83	286.3	132.4
荒草地 81	78/232.3/0.34	1.4	437.9	62/174.1/0.36	1.9	316.4	55/189.4/0.29	1.4	311.8
盐碱地 82	6/65.7/0.09	1.3	184.0	7/55.8/0.13	2.1	200.4	9/36.0/0.25	6.5	120.5
沼泽地 83	1/5.9/0.17	27.0	0.0	1/16.9/0.06	3.3	0.0	1/10.3/0.10	8.8	0.0
沙漠 84	1/94.2/0.01	0.1	0.0	1/94.2/0.01	0.1	0.0	1/94.2/0.01	0.1	0.0
石砾地 86	4/10.6/0.38	33.7	101.2	4/9.6/0.41	40.5	91.5	6/9.3/0.65	66.0	75.8

13; irrigated lands; 31; woodlands; 32; shrubbery lands; 33; shelter-forest lands; 41; natural grasslands; 51; cities; 52; towns; 53; villages and industrial and mining lands; 73; reservoirs and ponds; 76; rivers and flood lands; 81; desert grasslands; 82; saline or alkaline lands; 83; swamps; 84; deserts; 86; gravel lands; n : No. of patch for each type; CA: class area; PD: patch density (No./ km^2); AWPd: area weighted patch density; PSCOV: patch size coefficient of variance

References:

- [1] Jia B Q. Discussion on some theoretical problems of the oasis landscapes. *Arid Land Geography*, 1996, **19**(3): 58~65.
- [2] Yang X P. The relationship between oases evolution and natural as well as human factors. *Earth Science Frontiers*, 2001, **8**(1): 83~89.
- [3] Mu G J, Liu J Q. An analysis of the oasis evolution and its control factors. *Quaternary Sciences*, 2000, **20**(6): 539~547.
- [4] Jiao Y M, Xiao D N, Ma M G. Spatial pattern in residential area and influencing factors in oasis landscape. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(10): 2092~2100.
- [5] Fan Z L. Formation and evolution of the oases in Tarim Basin. *Journal of Geography*, 1993, **48**(5): 421~427.
- [6] Cheng W M, Zhou C H, Tang Q C, et al. Effect of foothill belt on hydro-process of plain area in the northern slope of Tianshan Mountains. *Geographical Research*, 2001, **20**(4): 439~445.
- [7] Ma J Z, Li J J. Impact of human activities on groundwater and the effect on eco-environment in southern Tarim Basin. *Journal of Natural Resources*, 2001, **16**(2): 134~139.
- [8] Wang G X, Cheng G D, Xu Z M. The utilization of water resources and its influence on eco-environmental problems in the Northwest Arid Area of China. *Journal of Natural Resources*, 1999, **14**(2): 109~116.
- [9] Cheng W M, Zhou C H, Tang Q C, et al. RS Research of landscape distribution characteristics of northern piedmont, Tianshan Mountains. *Acta Geographica Sinica*, 2001, **56**(5): 542~548.
- [10] Jia B Q, Ci L J, Yang X H. Comparison analysis between Potential and actual pattern of artificial oases in the arid region. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2000, **11**(6): 912~916.
- [11] Jia B Q, Ci L J, Yang X H, et al. A study on the landscape pattern changes of oasis in arid land. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(1): 34~40.
- [12] Lu L, Li X, Cheng G D, et al. Analysis on the landscape structure of the Heihe River Basin, Northwest China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(8): 1217~1223.
- [13] Lu L, Li X, Cheng G D, et al. Research on the landscape changes of the Heihe River Basin. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2001, **12**(1): 68~74.
- [14] Wang G X, Cheng G D. The spatial pattern and influence caused by water resource decrease—a case study of Ejina oasis in Heihe River

basin. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2000, **20**(3): 363~368.

- [15] Wang G X, Cheng G D, Shen Y P. Dynamic tendency of arid oasis under the influence of water resources decrease; a case study of Ejina oasis in Heihe River basin. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **13**(5): 564~568.
- [16] State Bureau of Land Administration. National Standards of P. R. China, Working rules of the overall planning of land land at county-level (Trial implementation), 1997-10-07. 26~30.
- [17] Rempel R S, Carr A P. Patch Analyst extension for ArcView: version 3, 2003. <http://flash.lakeheadu.ca/~rrempel/patch/index.html>.

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] 杨小平. 绿洲演化与自然和人为因素的关系初探. 地学前缘, 2001, **8**(1): 83~89.
- [3] 穆桂金, 刘嘉麒. 绿洲演变及其调控因素初析. 第四纪研究, 2000, **20**(6): 539~547.
- [4] 角援梅, 肖笃宁, 马明国. 绿洲景观中居民地空间分布特征及其影响因子分析. 生态学报, 2003, **23**(10): 2092~2100.
- [5] 樊自立. 塔里木盆地绿洲形成与演变. 地理学报, 1993, **48**(5): 421~427.
- [6] 程维明, 周成虎, 汤奇成, 等. 天山北麓前山带对平原区水文过程的影响. 地理研究, 2001, **20**(4): 439~445.
- [7] 马金珠, 李吉均. 塔里木盆地南缘人类活动干扰下地下水的变化及其生态环境效应. 自然资源学报, 2001, **16**(2): 134~139.
- [8] 王根绪, 程国栋, 徐中民. 中国西北干旱区水资源利用及其生态环境问题. 自然资源学报, 1999, **14**(2): 109~116.
- [9] 程维明, 周成虎, 汤奇成, 等. 天山北坡前山带景观分布特征的遥感研究. 地理学报, 2001, **56**(5): 542~548.
- [10] 贾宝全, 慈龙骏, 杨晓晖. 人工绿洲潜在景观格局及其与现实格局的比较分析. 应用生态学报, 2000, **11**(6): 912~916.
- [11] 贾宝全, 慈龙骏, 杨晓晖, 等. 石河子莫索湾垦区绿洲景观格局变化分析. 生态学报, 2001, **21**(1): 34~40.
- [12] 卢玲, 李新, 程国栋, 等. 黑河流域景观结构分析. 生态学报, 2001, **21**(8): 1217~1223.
- [13] 卢玲, 李新, 程国栋, 等. 黑河流域景观变化研究. 应用生态学报, 2001, **12**(1): 68~74.
- [14] 王根绪, 程国栋. 干旱荒漠绿洲景观空间格局及其受水资源条件的影响分析. 生态学报, 2000, **20**(3): 363~368.
- [15] 王根绪, 程国栋, 沈水平. 干旱区受水资源胁迫的下游绿洲动态变化趋势分析. 应用生态学报, 2002, **13**(5): 564~568.
- [16] 国家土地管理局. 中华人民共和国行业标准, 县级土地利用总体规划编制规程 UDC UD (试行). 1997-10-07. 26~30.